5e Année — N° 29 — Octobre 1938

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Microséismes et cyclones tropicaux à la Martinique.
L'agitation microséismique au Maroc.
La houle dans le port de Tamatave.
La houle à la Martinique.
Dépressions cycloniques pendant l'hivernage 1936-37 dans le Pacifique Sud.
Débordement au Togo de l'anticyclone de l'Atlantique Sud en 1936.
Notes et informations.
Bibliographie.

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.84

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . .	50 francs.
ETRANGER	60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une.	60 francs.
Prix du N° isolé de ces collections.	12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État :
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, **PARIS**

Téléph. Anjou 25-60

Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Microséismes et cyclones tropicaux à la Martinique

I. Conditions d'observation

On admet généralement qu'une relation étroite unit les variations microséismiques aux déplacements de perturbations météorologiques ; tous les observateurs des stations tropicales signalent cette relation dans le cas des cyclones. Il est donc normal que la station séismologique de la Martinique, occupant une situation particulière sous ce rapport, ait été amenée à étudier cette question. Nous avons précédemment remarqué l'existence de deux types d'agitations bien différents, que nos appareils enregistrent suivant leurs caractéristiques propres. Sur le grand séismographe de Quervain-Piccard apparaît presque exclusivement une agitation à courte période qui semble déterminée par des conditions locales. Sur le séismographe Galitzine on remarque parfois en outre une agitation à plus longue période (6,5 sec. en général) qui paraît étroitement liée à l'existence de perturbations importantes, souvent à de grandes distances de la station. C'est de ce dernier type d'agitation dont nous nous occuperons ici.

Les constantes du séismographe employé sont actuellement les suivantes : période 11,4 sec. amortissement critique du pendule et du galvanomètre. L'amplification est de l'ordre de 1.200 pour les périodes du microséisme correspondant sensiblement au maximum de l'amplification. Les périodes de 2 à 3 sec. sont relativement peu amplifiées et l'enregistrement du microséisme à faible période dépasse rarement 1,5 m/m d'amplitude.

Circonstance particulièrement favorable, pendant l'hivernage il n'existe pas d'agitation à longue période visible en dehors des époques où des formations cycloniques sont en marche au voisinage de l'île ; en général, l'agitation enregistrée se réduit à un mouvement de courte période et de faible amplitude. Si une dépression apparaît au large de la Martinique, on voit se former des trains de microséisme parfaitement réguliers, de période sensiblement constante, égale à 6,5 sec. ; l'aspect de l'enregistrement se trouve totalement modifié. L'amplitude de ces trains varie de 2 mm (valeur où l'on commence en général à les distinguer) jusqu'à 8 mm (maximum enregistré à ce jour) ; la période est constante et l'amplification se trouve au voisinage de son maximum, on peut donc admettre sans erreur sensible que les amplitudes enregistrées sont proportionnelles aux mouvements du sol. L'utilisation des résultats est ainsi rendue plus rapide, ce qui peut être intéressant dans le cas de leur emploi dans un but pratique par le météorologiste.

II. Courbes utilisées

La coïncidence entre l'apparition du microséisme à longue période et l'existence d'une perturbation importante s'est trouvée vérifiée lors du passage de tous les cyclones des hivernages 1936-1937. Nous donnons, comme exemple, les courbes représentant la variation de l'amplitude du microséisme en fonction du temps ainsi que la trajectoire de deux cyclones de l'hivernage 1937. Les trajectoires ont été fournies par les soins de l'Observatoire de Fort-de-France (fig. 1-2, p. 139-140).

La construction de ces courbes nous semble justifier quelques remarques. Nous avons employé la méthode internationale : mesure toutes les 6 heures du train le plus important au voisinage de l'heure considérée. Il apparaît d'abord comme évident que, dans le cas qui nous occupe, on ne peut compter sur aucune précision dans la mesure tant que l'amplitude du microséisme étudié est du même ordre que celle de l'agitation normale à courte période. De plus, la mesure de la plus grande amplitude ne donne qu'une idée assez approximative du phénomène, on aurait peut-être une meilleure évaluation de l'énergie apportée par le mouvement (seule grandeur intéressante en dernière analyse) en calculant comme l'a fait M. Lacoste à Strasbourg, une valeur moyenne de l'amplitude. Etant donné le peu de précision des renseignements que nous sommes obligés d'utiliser par ailleurs, il ne nous a pas paru nécessaire, au moins dans l'état actuel d'avancement de la question, d'employer un tel procédé, forcément très long.

On sait qu'existe dans les mers européennes des aires donnant une forte agitation microséismique lors du passage des dépressions ; nous avons cherché à mettre en évidence de telles zones et jusqu'à ce jour nous n'avons pu constater rien de tel dans les mers

entourant la Martinique. L'existence d'un maximum secondaire sur la courbe représentant l'agitation amène à penser que la propagation se fait mieux lorsque la perturbation passe au-dessus des très grandes profondeurs marines, à l'Est de Porto-Rico ou au Sud des Bermudes. Il s'agit là d'une variation peu importante, sans rapport, comme grandeur, avec celles que l'on enregistre lors du déplacement des dépressions à l'Ouest de l'Europe. Pour expliquer une telle divergence dans les résultats, il semble nécessaire de remarquer la différence qui existe dans la nature des surfaces parcourues par les dépresssions dans les deux cas. A la Martinique, toutes les trajectoires des cyclones se trouvent au-dessus d'étendues marines de grande profondeur et probablement de constitution géologique homogène ; il est probable que, dans ce cas, la transmission et la propagation du microséisme se fait dans des conditions analogues, quelle que soit la position du foyer perturbateur, contrairement à ce qui se passe pour les mers peu profondes situées à l'Ouest et au Nord de l'Europe. On peut rapprocher cette remarque du fait qu'il semble exister des vitesses de propagation différentes pour les ondes superficielles accompagnant les séismes, suivant que le parcours suivi est continental ou maritime profond.

III. Variations de l'amplitude

Puisque la propagation de l'énergie microséismique se fait de façon indépendante de la position du foyer, on est en droit de ramener à deux les causes de la variation de l'amplitude, lorsqu'un cyclone se déplace au large de l'île : d'une part, l'importance de la perturbation ; d'autre part, la distance à laquelle se trouve le centre du météore.

Toutes choses égales par ailleurs, il est normal qu'une profonde dépression donne lieu à une agitation plus grande que celle produite par une perturbation de faible importance ; on vérifie ce fait chaque fois qu'il est possible d'avoir une mesure de l'intensité du cyclone. Par exemple, le 8 septembre 1937, un cyclone passant à 600 kilomètres à l'Est de la Martinique a donné un enregistrement de 8 mm d'amplitude ; le 24 août, un cyclone passant dans la même région n'avait donné naissance qu'à une agitation microséismique de 4 mm d'amplitude. Le premier de ces météores était indiqué comme assez fort par la station de Fort-de-France, le deuxième n'avait qu'une médiocre intensité.

Le rapport entre l'amplitude mesurée et la distance de la perturbation apparaît clairement si l'on trace la courbe (fig. 3, p. 141).

$$A = f(r)$$

A : amplitude.
r : distance du centre.

On obtient ainsi une courbe régulièrement croissante : lorsque r décroît ; le maximum de microséisme coïncide toujours à quelques heures près avec le minimum de r. Si l'on tient compte de l'incertitude qui existe sur la position, donnée par la météorologie, la concordance peut être considérée comme excellente. En général, il semble même que le facteur distance est prépondérant et que les variations d'intensité qui peuvent affecter un cyclone déterminé ont, au point de vue du microséisme, une importance plus faible que la trajectoire qu'il suit.

Dans cette variation régulière de l'amplitude en fonction de la distance, il y a lieu de voir un phénomène particulier à la Martinique ; les observateurs des stations continentales signalent une agitation maximum pour des distances assez grandes de la dépression. Il en est de même à Madagascar où le P. Poisson indique un maximum pour des dépressions circulant à 1.000 ou 1.500 kilomètres des côtes. Il est à remarquer que les amplitudes mesurées semblent plus grandes, le P. Poisson signale des agitations de 15 μ pour la composante horizontale, au Morne-des-Cadets 5 μ est exceptionnel, pour le microséisme mesuré dans les mêmes conditions sur les séismographes Mainka. Il est permis de penser que la présence d'une masse continentale importante est capable de modifier complètement l'allure du microséisme. Lorsqu'on étudie le microséisme en des points peu éloignés l'un de l'autre, la grande variation de l'amplitude, signalée par M. Lacoste, peut être rapprochée de ce fait. Les choses semblent se passer dans des conditions différentes à la Martinique, le microséisme varie peu lorsque l'on se déplace dans l'île ; les amplitudes mesurées à Fort-de-France sont du même ordre que celles du Morne-des-Cadets. Une autre différence semble exister entre l'agitation à la Martinique et celle enregistrée dans la plupart des stations continentales. Sur nos enregistrements, l'amplitude du mouvement vertical est du même ordre (souvent même supérieure) que celle du mouvement horizontal, contrairement à ce qui se passe, par exemple, à Strasbourg où le rapport $\frac{H}{V} = 3$ est souvent atteint ; il est à remarquer que les calculs, qui ont été faits dans l'hypothèse d'un milieu homogène, donne des valeurs de $\frac{H}{V}$ variant de 0,6 à 1,3 qui sont en bon

accord avec ceux de nos mesures. Il est possible que le phénomène se fasse ici dans des conditions simples, les faibles dimensions de l'île ne permettant peut-être pas à une résonance de s'établir pour les périodes du microséisme ; l'amplitude mesurée correspondrait à celle du mouvement des couches profondes de l'écorce. Par contre, l'existence d'une agitation à faible période de grande amplitude paraît indiquer une amplification des périodes de 2 à 3 sec. Il serait intéressant à notre avis de disposer de renseignements des stations situées dans des conditions insulaires analogues, pour vérifier cette hypothèse.

Dans le but de comparer facilement deux cyclones, essayons de rendre compte de la courbe : A : $f(r)$ par une fonction simple ; en admettant que l'énergie émise par le cyclone est constante, au moins pendant les quelques jours où nous pouvons l'étudier, et que la surface perturbée par le météore est de faibles dimensions par rapport à sa distance à la station ; A : $f(r)$ serait de la forme :

$$A = \frac{C}{\sqrt{r}} e^{-kr}$$

dans l'hypothèse généralement admise d'une propagation se faisant par les couches superficielles de l'écorce terrestre.

C : sera un cœfficient caractérisant le cyclone.

k : définit l'amortissement et sera le même quelque soit le cyclone étudié.

En fait, on obtient des courbes représentant bien l'allure générale de la variation de A en fonction de la distance en prenant :

k : 0,0014

l'unité de distance étant le kilomètre.

Le coefficient k se trouve d'ailleurs assez bien déterminé en raison de la croissance rapide de la fonction exponentielle. Même en tenant compte de la différence des périodes, on voit que l'amortissement est 2 fois plus grand que pour les ondes superficielles des séismes. On peut admettre, comme explication de ce fait, une différence entre les propriétés élastiques des couches relativement profondes intéressées par la propagation des ondes longues des séismes, et celles des parties plus superficielles de l'écorce, où se propage le microséisme.

Nous donnons ci-joint (fig. 3) les courbes A : $f(r)$ mesurées et calculées par la formule ci-dessus, pour deux cyclones de l'hivernage 1937, au sujet desquels nous avions des renseignements précis. Il existe évidemment des écarts assez grands entre les deux courbes, mais si l'on tient compte des incertitudes dans la mesure des éléments employés, il semble que la courbe calculée représente, au moins pour des valeurs assez grandes de A, la variation de l'amplitude avec une approximation du même ordre.

En reportant point par point les valeurs de A ainsi calculées, on peut construire A : $f(r)$ (fig. 1) qui représente assez bien la variation de l'amplitude telle qu'elle apparaît sur les enregistrements. Il faut remarquer que dans le cas du cyclone d'août, la décroissance mesurée de A, lorsque le cyclone s'éloigne, est beaucoup moins rapide que celle donnée par le calcul ; en réalité, une deuxième dépression étant apparue le 25, dans le Nord, il n'y a pas lieu de s'étonner de la discordance.

On trouve ainsi pour chaque cyclone un coefficient caractéristique C, soit :

C = 7, pour le cyclone d'août.

C = 14, pour le cyclone de septembre.

Le cyclone de septembre est, en effet, beaucoup plus violent que celui du mois d'août ; l'ordre des grandeurs des pressions au centre de chacun d'eux peut être évalué respectivement à : 1000 et 985 *mb*, la pression normale dans la région étant 1014 : *mb*, on a :

$$Dp_1 : 14 \qquad \text{et} \qquad \frac{Dp_1}{Dp_2} \neq \frac{C_1}{C_2} \neq 2$$
$$Dp_2 : 29$$

Ce qui pourrait conduire à penser qu'il existe une relation de la forme :

$$C = K.\, Dp$$

Le 22 septembre, un cyclone situé à 1.100 km a donné une amplitude de 4 mm pour le microséisme mesuré dans les mêmes conditions, on a donc :

$$C = 21$$

En admettant la relation ci-dessus on trouve :

Dp : 44 P : 970 *mb*

soit

Dp : 42 P : 972 *mb*

Suivant que l'on adopte l'un ou l'autre des cyclones étudiés comme terme de comparaison, la station météorologique donne comme valeur probable de la pression au centre : 970 *mb*. La concordance est excellente, une telle précision est même probablement accidentelle, si l'on tient compte de l'incertitude de toutes les mesures.

Il serait prématuré d'accorder une grande valeur à une telle relation qui n'est encore mise en évidence que par un petit nombre de mesures assez incertaines. On doit considérer comme probable que le coefficient C caractérisant l'énergie émise par le cyclone sous forme de microséisme, n'est pas seulement fonction

de Dp, mais également de la grandeur et peut-être de la forme de la surface intéressée par le météore. Ces deux derniers facteurs sont cependant relativement peu variables d'un cyclone à l'autre ; peut-être y a-t-il là un moyen simple d'avoir une mesure de l'importance d'un cyclone, connaissant seulement un point de sa trajectoire ; un tel renseignement, même imprécis pourrait rendre des services en Météorologie.

Nous avons fait plus haut l'hypothèse que le cyclone pouvait être considéré, au point de vue du microséisme étudié, comme réduit à son centre. En fait, un tel météore règne souvent, sur une surface de 200 km de rayon ; lorsque l'on étudie le microséisme jusqu'à des distances de l'ordre de 500 km, il semble que l'hypothèse soit entièrement en défaut ; on obtient néanmoins une concordance correcte entre les valeurs mesurées et calculées, essayons de justifier ce résultat.

Supposons l'aire perturbée par le cyclone, représentée par un cercle (C) de centre (O) et de rayon (R). Sans rien préjuger de la cause physique du phénomène, l'énergie reçue en S émise par (C) sera :

$$A^2 = \iint_S f(r,\theta).dS \qquad \text{(fig. IV)}$$

Soit dS un élément de (C), E l'énergie transmise par cet élément au sol, on recevra en S du fait de dS :

$$a^2 = \frac{E}{r}\, e^{-\alpha r} \qquad \text{avec} \quad \alpha = 2k$$

en admettant une propagation superficielle amortie du mouvement. On peut accepter l'hypothèse que E est seulement fonction de la distance de l'élément de surface dS au centre O du cercle ; par raison de symétrie, la somme des quantités d'énergie reçues en S émises par les éléments dS du cercle, pourra se ramener à l'action de cette énergie émise par un point P de AB, ce point P étant défini par :

$$\iint_{S_1} f(r,\theta).dS = \iint_{S_2} f(r,\theta).dS$$

S_1 et S_2 étant les surfaces limitées par la circonférence de rayon SP et le cercle (C).

La mesure de $\overline{OP}$ définit l'approximation que l'on accepte lorsqu'on calcule comme si le cyclone était réduit à son centre.

Pour continuer le calcul nous allons supposer que l'énergie transmise au sol est uniformément répartie dans l'aire (S).

On aura : $a^2 = \frac{K}{r}.e^{-\alpha r}$

L'énergie reçue en S :

$$A^2 = \iint_S \frac{K}{r}.e^{-\alpha r}.\,dS$$

En coordonnées polaires l'équation de la circonférence limitant (C) sera :

$$2\,rr_0\,.\,\cos\theta - r^2 = r_0^2 - R^2$$

r_0 définit la position du centre du cercle.
R définit le diamètre.

On en tire :

$$\cos\theta = \frac{r_0^2 - R^2 + r^2}{2r.r_0}$$

or,

$$A^2 = \iint_S \frac{K}{r}.e^{-\alpha r}\,dS = \int_{r_0-R}^{r_0+R} \int_{-\theta_1.(r)}^{+\theta_1.(r)} \frac{K}{r} e^{-\alpha r}\, r\,d\theta.dr =$$

$$= 2K \int_{r_0-R}^{r_0+R} e^{-\alpha r}.\arccos\frac{(r^2+r^2-R^2)}{2rr_0}.\,dr$$

En effectuant la première intégration par rapport à Θ ; pour avoir une valeur proportionnelle à A^2 nous sommes ramenés à mesurer l'aire comprise entre la courbe :

$$y = e^{-\alpha r}.\arccos\frac{r^2 + r_0 - R^2}{2rr_0}$$

et l'axe des r, la fonction s'annulant pour les valeurs limites de r. L'abcisse de P sera celle de la parallèle à OY partageant la surface en deux parties équivalentes.

Prenons un exemple concret : R : 200 km.

Nous donnons (fig. 5, p. 142) les formes des courbes pour :

r_0 : 500 — 600 — 800 — 1000 km.

La surface de ces courbes donne une valeur de A^2 ; pour avoir l'amplitude du mouvement correspondant, il suffit, comme la période est constante, de prendre $\sqrt{A^2}$: A. En choisissant une valeur convenable de l'échelle, on peut comparer avec les résultats trouvés plus haut (courbes : 1-2). Nous avons choisi K de façon à avoir la valeur 8 mm pour r : 700 km dans les deux cas.

Les deux courbes, dans la partie étudiée, s'écartent peu l'une de l'autre ; la courbe (2) ayant une croissance légèrement plus rapide que (1), tout se passe comme si, à chaque instant, on prenait pour centre un point plus rapproché de la station que le centre réel du cercle.

On trouve pour $\overline{OP}$, défini plus haut, les valeurs suivantes :

Pour :

r_0 : 1000 , $\overline{OP}$: 15 km

r_0 : 500 , $\overline{OP}$: 54 km.

Un écart de 15 kilomètres sur 1.000 km. pour la position du centre est parfaitement négligeable devant les erreurs que l'on est obligé d'accepter sur les mesures ; 45 km à 500 km est une erreur de même ordre que celle que l'on commet ordinairement en utilisant, pour définir la position du centre, les seuls renseignements météorologiques.

En réalité, il est probable que la fonction $\frac{c}{\sqrt{r}} e^{-kr}$, représente mieux la variation de l'amplitude que le calcul précédent peut le laisser supposer ; nous sommes, en effet, placés dans un cas particulièrement défavorable en supposant l'énergie également répartie dans toute la surface intéressée par le météore. Il est plus logique de penser que la répartition de cette énergie se fait, au contraire, suivant une fonction rapidement décroissante à partir du centre, ce qui conduit évidemment à des valeurs de $\overline{OP}$ plus petites que celles trouvées plus haut.

Nous avons également adopté l'hypothèse d'une violence constante pour un cyclone ; il semble bien, au contraire, que le cyclone soit le siège de variations très rapides, à la fois quant à la position réelle de son centre et quant à sa violence ; le microséisme ne rend pas compte de telles variations ; l'amplitude de deux trains voisins est toujours du même ordre et la variation d'amplitude se fait de façon irégulère avec la variation de la position moyenne du centre du météore. On peut donc penser que la cause physique du microséisme possède une certaine inertie qui lui interdit de suivre les variations rapides qui peuvent se produire à l'intérieur de la surface perturbée par le cyclone.

IV. Cause physique du microséisme

Dans tout ce qui précède, nous n'avons fait aucune supposition au sujet de la cause physique du microséisme. Il nous a paru intéressant de tenter de formuler au moins une hypothèse à ce sujet. Dans ce but, extrapolons les résultats obtenus plus haut.

Pour :

$$r_0 = 200 = R \quad A^2 = 2K \int_{r=0}^{r=400} e^{-\alpha r} \arccos\frac{r}{400} . dr$$

$$r_0 = 0 \quad A^2 = 2K\pi \int_0^{200} e^{-\alpha r} . dr$$

Ce qui, pour le cyclone du 5 septembre, donnait des amplitudes de :

A : 25 mm pour r : 200

A : 30 mm pour r : 0

Ces résultats ne peuvent représenter que des ordres de grandeur, néanmoins il paraît intéressant de noter que même là où l'agitation est la plus forte, il est probable que le mouvement du sol ne dépasse pas 25 μ, ce qui représente malgré tout une valeur assez faible pour l'énergie transmise au sol. Darwin indique pour une houle de 10 m de haut un déplacement du sol de 20 μ ; en supposant une telle houle appliquée à toute la surface du météore, on aurait peut-être une explication suffisante du microséisme. Cette houle existe et s'étend même en réalité sur une surface beaucoup plus grande que celle perturbée par le cyclone proprement dit ; son amplitude diminue rapidement lorsqu'on s'écarte du centre, ce qui permet d'expliquer la forme exponentielle trouvée pour la variation du microséisme avec la distance.

Il existe à la Martinique des époques où un fort microséisme semble dû à une houle assez importante agitant l'ensemble de l'océan.

Comparons ce résultat avec ce qui se passe au moment d'un cyclone. Du 10 au 25 janvier 1936, par exemple, le microséisme s'est montré constamment de l'ordre de 8 mm sur l'enregistrement, cette agitation étant en rapport avec une houle de 2 m, 5 sur l'ensemble de l'océan. Il n'existe pas dans ce cas de dépression proprement dite, au moins à faible distance de la station ; la houle est soulevée par l'action des alizés soufflant sur toute la région. On observe ce phénomène chaque fois que le régime des vents est bien établi et dure plusieurs jours.

La surface perturbée occupe sensiblement tout le dernier plan situé à l'Est du méridien de la station (fig. 4, p. 142), à l'exception d'un cercle de 25 km représentant la surface de l'île. On est en droit de supposer l'énergie également répartie dans toute la surface. Avec la même loi que plus haut, on a :

$$A^2 = K \iint_S \frac{e^{-\alpha r}}{r} dS = K\pi \frac{1}{\alpha} \left[(e^{-\alpha r}) \right]_{r:\ 25}^{r:\ 1000}$$

en se limitant à 1.000 km, valeur pour laquelle l'action devient pratiquement négligeable.

Pour avoir la même valeur du microséisme que dans le cas du cyclone étudié lorsque ce dernier se trouve à 500 km ; il faut prendre K 10 fois plus petit. L'énergie transmise au sol par unité de surface est donc 10 fois plus faible. Si cette énergie est due seulement à l'agitation de la mer, il faut admettre une hauteur de houle de 8 m dans la surface occupée par le météore, en supposant, comme il est logique, que l'énergie transmise par la houle varie comme le carré de l'amplitude. Le chiffre de 8 m est une évaluation par excès car la houle cyclonique s'étend sur plus de 200 km de rayon ; néanmoins, l'ordre de grandeur correspond aux mesures qui ont pu être faites.

Pendant l'hivernage, nous avons signalé que le microséisme à longue période est en général inférieur à 2 mm. A cette époque, la houle sur l'océan est toujours très faible, ne dépassant pas 1 m en l'absence de perturbation cyclonique.

On peut également constater que la période du microséisme n'est pas exactement constante et qu'elle varie dans le même sens que celle de la houle. Pour le microséisme accompagnant les cyclones, on a environ T = 6,5 sec., pour celui dû aux alizés : T = 5 sec. à 5,5 sec. la houle étant plus courte dans ce dernier cas.

Nous avons négligé la part qui revient à la mer des Antilles dans l'agitation enregistrée au Morne-des-Cadets ; cette mer possède une houle de très faible amplitude et de courte période qui ne peut donner, avec les hypothèses que nous avons faites, qu'un microséisme peu important.

V. Conclusions

Si les considérations exposées plus haut se vérifient, il n'est pas douteux que l'on pourra en tirer des applications pratiques intéressantes, il suffit de connaître un point de la courbe $A = f(r)$ pour la définir entièrement, et par là donner une estimation de la distance du météore à chaque instant. On peut également, connaissant l'intensité d'un cyclone, avoir une indications de la distance de son centre en mesurant seulement le microséisme qu'il produit. Il nous paraît à peine nécessaire d'insister sur le caractère encore très hypothétique de telles conclusions et sur la nécessité d'étudier encore de nombreux cyclones à ce point de vue, avant d'être fixé sur leur valeur réelle.

Dans tous les cas, l'étude du microséisme présente déjà un intérêt considérable au point de vue de la météorologie. Il semble possible d'affirmer que, à moins de la formation d'une dépression très près des côtes de l'île, ce qui apparaît comme très improbable, le microséisme sera toujours à même de prévenir de l'existence d'une perturbation en marche sur l'océan. En première approximation, on peut également indiquer par ce moyen si la dépression se rapproche ou s'éloigne de l'île. Etant donné le peu de renseignements concernant la région à l'Est des Antilles dont on dispose par ailleurs, de telles indications sont susceptibles d'être fort utiles dans certains cas.

Si l'on veut essayer de prévoir l'importance, que peut prendre la mesure du microséisme dans l'étude des cyclones tropicaux, il est nécessaire de remarquer que les moyens dont nous disposons sont encore fort incomplets. Seule la composante verticale de l'agitation est enregistrée de façon précise. On peut espérer que la mise en service prévue de deux composantes horizontales Galitzin permettra d'obtenir des renseignements plus complets. Il est possible en particulier que la mesure des rapports $\frac{H}{V}$ et $\frac{NS}{EW}$ donne des indications sur la position du météore. Etant donnée la simplicité relative avec laquelle se pose le problème, on est autorisé à croire que l'utilisation de ces données sera à la fois plus précise et plus facile que dans le cas des dépressions étendues affectant les mers européennes, étudiées précédemment par M. Lacoste, à Strasbourg.

Morne-des-Cadets (Martinique).

Molard,
Ingénieur civil des Mines,
Ingénieur-Météorologiste des Colonies.

L'agitation microséismique au Maroc

Un travail récent (1) m'avait montré tout le parti qu'on pouvait tirer pour l'étude de l'agitation microséismique des observations de la houle faites sur la côte du Maroc. Il importait d'étudier ce qu'est l'agitation à proximité même des côtes où de telles observations sont faites. J'ai pu commencer cette recherche grâce à la bienveillance de M. le Lieutenant de Vaisseau Roux, Chef du service de physique du globe de l'Institut scientifique chérifien, qui a envoyé à l'Institut de physique du globe de Paris les diagrammes correspondant à plus de deux mois de fonctionnement de la nouvelle station séismographique de l'Observatoire Averroes.

Le tableau I (p. 143) résume les mesures faites sur la composante Nord enregistrée sans lacune du 14 janvier au 5 février 1937, période pendant laquelle la houle a été très forte et a présenté de grandes variations. En outre, page 144, est reproduite une partie d'un enregistrement qui montre l'aspect de l'agitation lorsqu'elle est la plus intense (fig. I). On y voit les deux sortes de mouvements qui apparaissent sur les séismogrammes. D'une part, des ondes de 5 à 8 secondes de période qui sont constamment visibles, d'autre part des ondes de période plus courte, qui commencent à apparaître lorsque la force de la houle dépasse 5, et dont l'amplitude est inférieure à celle des trains de longue période, mais varie parallèlement.

Les mesures qui ont pu être faites sur ces ondes de courte période figurent dans le tableau I (page 143) au-dessous des mesures de l'agitation à longue période C'est exclusivement de cette dernière qu'il est question dans ce qui suit.

Amplitudes. — Les amplitudes (qui n'ont jamais atteint 1 mm sur les diagrammes) ont été mesurées à l'aide d'une glace graduée en 1/10e mm, en choisissant sur chaque ligne le train d'onde le plus important et le mieux dessiné.

Les chiffres du tableau I représentent la moyenne des 6 mesures correspondant aux trois heures qui précèdent et aux trois heures qui suivent l'heure indiquée. Le maximum, d'environ 4 μ (demi-amplitude du mouvement réel du sol), est sensiblement plus petit que celui des stations d'Europe pendant la même période (Strasbourg : 7,9 μ (A_N), Paris (Parc-Saint-Maur) : 10 μ (A_N).

Comme le montre la figure II (p. 145), l'amplitude de l'agitation (courbe I) est étroitement liée à la force de la houle sur la côte (courbe II) définie par la moyenne des observations des ports de Medehya, Rabat, Casablanca, Safi, Mogador, Agadir.

Un premier essai, fait à l'aide des trois premiers ports seulement, avait donné pour le 25 et le 28 janvier deux maxima équivalents, alors que ceux de l'agitation sont inégaux. La prise en considération des ports du sud, bien que plus éloignés de l'observatoire Averroes, a amélioré le parallélisme, qui ne subsiste d'ailleurs pas si l'on conserve ces derniers à l'exclusion des autres.

Ce fait montre bien que les influences côtières locales qui peuvent modifier la houle ne se retrouvent pas dans l'agitation enregistrée à Averroes. Quant au léger décalage qu'on observe entre certains des maxima respectifs de la houle et de l'agitation, il est inférieur aux erreurs possibles (puisqu'on ne dispose que d'une observation par jour de la houle avec un résumé sommaire de la journée). Sa réalité ne pouvant être affirmée, l'enregistrement de l'agitation microséismique au Maroc même ne peut donc pas servir à la prévision de la houle.

Périodes. — Les périodes des trains d'ondes dont on vient d'étudier l'amplitude sont comprises entre 5 et 8 secondes ; mais elles sont extrêmement variables dans de courtes limites de temps, presque chaque série de 6 mesures montrant toute la gamme des périodes, la valeur moyenne donnée résulte donc de la plus ou moins grande fréquence de l'une d'elles.

Malgré cette difficulté, une comparaison de la période moyenne de l'agitation et de la période de la houle à Rabat donne un résultat intéressant : il est indiscutable en effet qu'à un accroissement de la période de la houle correspond un accroissement de celle de l'agitation. Le tableau II (p. 143), où en regard de la période de la houle à 8 h. a été placée la moyenne des périodes de l'agitation de 6 h. à 12 h. est très démonstratif à cet égard.

(1) Bernard (M. P.) — Relation entre la houle et l'agitation microséismique en Europe occidentale. *Comp. Rend. Ac. Sc.*, 1927, t. 205, p. 168.

La houle au Maroc et l'agitation à Paris. — La comparaison des observations de la houle et de l'agitation au Parc Saint-Maur pendant les trois semaines étudiées ci-dessus fournit une nouvelle confirmation des résultats du travail cité au début : l'agitation en France (courbe III) précède la houle du Maroc d'un temps représentant approximativement la durée de propagation de la houle entre le centre de la dépression, admis comme origine des deux phénomènes, et le Maroc. Voici le relevé des dates de quelques maxima d'agitation microséismique du Parc Saint-Maur, avec les positions des dépressions correspondantes et le retard de la houle :

Date	Retard de la houle	Position du centre de la dépression
15 janvier	2 j.) houles	Sud de l'Islande 62° N 20° W
16 janvier	1 j. (confondues	SW de l'Irlande 48° N 15° W
20 janvier	1 j. 3/4	Au large de l'Irlande 53 N 24° W
21 janvier	2 j.	Entre Irlande et Islande 60° N 20° W
22 janvier	2 j.	Islande 63° N 20° W
24 janvier	1 j.	SW Irlande 52 N 20° W venant du S
25 janvier	2 j.	SW Islande 60° N 25° W
29 janvier		Sur la France (agitation de courte période)
31 janvier	1/2 j.	A l'entrée du golfe de Gascogne 48° N 20° W, se déplaçant vers le NE
2 février	2 j.	En plein Océan 47° N 32° W
4 et 5 février	La houle ne s'est pas produite	Au Nord de l'Ecosse, se déplaçant vers la Mer du Nord.

En prenant la période de l'agitation à Paris et la période de la houle à des moments qui se correspondent d'après les courbes II et III, on observe encore une concordance étroite entre les variations des chiffres des deux séries, comme le montre le tableau II. (colonnes *b* et *d*).

Conclusion

La houle a donc un rôle primordial dans la production de l'agitation microséismique à Averroes. On sait déjà qu'à une forte agitation de la mer sur les côtes correspondent des vibrations à courte période (1 à 4 secondes) enregistrées par les séismographes voisins (1). Mais, superposée à ces vibrations rapides, on retrouve au Maroc l'agitation de période 4 à 9 secondes observée aux stations d'Europe, et une comparaison avec cette agitation à Paris montre que les trois phénomènes : houle, agitation au Maroc, agitation en Europe, subissent des variations analogues, et que la même houle doit intervenir, à quelques dizaines d'heures d'intervalle, comme cause de l'agitation dans ces lieux différents.

En outre, pour la première fois, il a été possible de comparer la période de la houle à celle de l'agitation : bien qu'elles ne soient pas égales, elles varient dans le même sens : de plus, aux écarts accidentels près, *la période de l'agitation est la même à Paris et au Maroc.* Ceci s'expliquerait facilement en supposant que la houle possède au large une période différente de celle qu'on observe de terre. Le Lieutenant de Vaisseau Roux a en effet exprimé lui-même des doutes sur la conservation de la période de la houle lorsque celle-ci aborde le rivage (2).

Dans tous les cas, cette différence de période entre houle et agitation n'est pas favorable à l'hypothèse d'une action du déferlement des vagues sur la côte et conduit plutôt à envisager une action de la houle en pleine mer dont le mécanisme serait à préciser.

Les seules observations rationnelles de la houle qui soient faites dans l'Atlantique Nord, ont ainsi permis de prouver, que ce phénomène a réellement une liaison étroite avec l'agitation microséismique. Il serait souhaitable, en attendant l'enregistrement de la houle, que des observations analogues et notamment des mesures de la période fussent faites régulièrement, au moins en hiver, en d'autres points bien exposés des côtes de l'Atlantique et même en plein océan.

Pierre Bernard,
Institut de Physique du Globe de Paris.

(1) B. Gutenberg : *Die seismische Bodenunrue* 1924, p. 19.
(2) G. Roux : *La propagation de la houle* (1936).

La houle dans le port de Tamatave

L'étude des transformations de la houle au voisinage des côtes intéresse en premier lieu le Service météorologique par suite des éléments de correction qu'elle permet d'apporter aux observations de la mer faites du rivage.

Dans le cas d'un port elle peut apporter d'intéressantes indications aux Services chargés de préparer les extensions ou modifications des ouvrages. En ce qui concerne Tamatave cette dernière application est particulièrement d'actualité : des essais sur modèle réduit étant actuellement en cours en vue d'éliminer le ressac qui gêne parfois considérablement les opérations le long de l'un des môles, le môle B.

Pour cette étude, les vues aériennes constituent un procédé d'investigation sûr et commode pouvant être facilement employé sans grandes connaissances particulières partout où il est possible de disposer d'un avion.

Les vues ci-jointes, qui dans cet ordre d'idées ne représentent qu'un essai, ont été prises dans des conditions peu favorables le 15 mars 1938 : l'éclairage était insuffisant par suite de l'heure tardive (17 h.) et de l'approche d'un grain venant de l'Ouest ; circonstance qui s'est en outre opposée à la montée à une altitude suffisante pour prendre une vue d'ensemble de la rade. L'appareil photographique employé était muni d'un objectif d'ouverture 6,3 seulement. Les instantanés ont été pris au centième de seconde. L'altitude était 500 mètres.

M. Albuchet, Vice-président de l'Aéro-Club de Tamatave, a bien voulu apporter sa collaboration bénévole à cet essai, en pilotant l'avion utilisé, un Potez-58. La disposition en conduite intérieure ne permettait les prises de vues que par la portière au cours de virages serrés.

Les circonstances défavorables de prises de vues étaient en partie compensées par la netteté de la houle. Bien formée et très creuse, elle émanait d'un cyclone d'importance moyenne et de petit diamètre qui, venant du Nord-Est, était passé au large de Tamatave dans la nuit du 14 au 15 et dont la trajectoire s'était recourbée peu après, était, au moment des prises de vues, dirigée vers le Sud-Est.

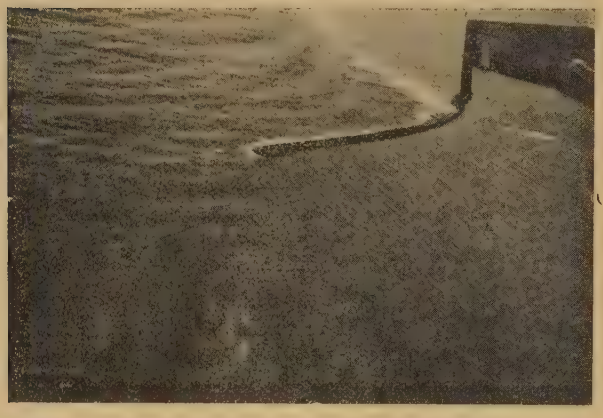
Ces premiers résultats permettent de conclure que d'ores et déjà pourrait être entreprise l'observation photographique rationnelle des déformations de la houle dans le port, car, à défaut d'aviation militaire, Tamatave possède trois avions privés dont il serait possible de s'assurer la collaboration : l'un d'entre eux appartient à une entreprise de taxi-avion (Madagascar-Air-Service), les deux autres à une collectivité subventionnée soumise au contrôle de l'Etat (Aéro-Club). Un appareil photographique spécial pourrait être demandé à titre de prêt à la base aérienne de Tananarive. En outre, pour permettre la comparaison des observations successives, les meilleurs points de prise de vues, pour l'utilisation envisagée, pourraient être déterminés par l'altitude et des alignements au sol.

Après avoir exposé les possibilités d'observations, il convient de donner un aperçu des houles susceptibles de produire une agitation visible dans le port.

Houles de saison fraîche. Ces houles, limitées au secteur Sud, sont produites par les invasions brusques d'alizé (improprement appelées « coups de mousson » par les habitants) qui remontent rapidement le long de la côte sous forme de front de hausse. Elles ne peuvent donner lieu à d'intéressantes observations que dans les rares cas où le front de hausse est arrêté au Sud de Tamatave ; dans les autres cas le coup de vent suit en effet de si près l'apparition de la houle qu'il la masque presqu'immédiatement par le clapotis de surface qu'il produit, même en rade. Ces coups de vent sont en outre accompagnés de pluies ou de fortes nébulosités par nuages très bas.

Houles de saison chaude. Ce sont de belles houles d'ouragan, produites par les cyclones qui évoluent dans l'océan Indien. Elles peuvent émaner de tous les points de l'horizon entre le Nord-Est et le Sud et être observées par temps à vents faibles et peu de nuages inférieurs, quand le centre cyclonique est quelque peu éloigné. Mais si ce centre est suffisamment rapproché il faut aussi tenir compte, surtout en ce qui concerne les effets d'affouillement et de déferlement, du gonflement de la mer qui est parfois important. Le 14 mars 1938, il a atteint 50 centimètres, et coïncidant avec les marées d'équinoxe, a produit un

La houle dans le port
à droite le môle B sur lequel on reconnait les grues et magasins
et un peu au dessous, a peine visible l'angle du môle A.



Houle contournant la digue extérieure

Déferlement sur le récif

petit raz de marée dont les effets se sont faits sentir jusqu'à Mahanoro. localité située sur la côte à deux cents kilomètres au sud de Tamatave.

Dans cette dernière ville, les ouvrages de la pointe Tanio en particulier ont subit de ce fait d'importants dommages et l'enrochement de protection du Boulvard d'Ivondro, situé à proximité de la station météorologique, s'est affaissé par endroits de plus d'un mètre.

Le houle pénètre dans la passe Sud, sa direction
et sa structure sont déjà modifiées.
Houles croisées au centre et vers le haut

Ce gonflement de la mer, qui, à première vue, semblerait proportionnel à l'intensité du cyclone, paraît devoir être surtout en relation avec la longueur de la trajectoire marine déjà parcourue par le météore. C'est ainsi que le cyclone du 20 février 1935, qui n'avait pas 48 heures d'existence quand le centre est passé sur Tamatave, n'a produit qu'un gonflement de la mer de 20 centimètres seulement (cf. *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer*, août 1935, n° 10,. p. 102). Cependant son intensité était comparable à celle du cyclone précité, qui lui ne s'est pas approché à moins de cent kilomètres. Toutefois celui-ci, formé bien avant de paraître dans les eaux malgaches, était déjà assez violent dans la nuit du 13 au 14 mars pour causer le naufrage du vapeur Mauricien « *Aenar* », perdu corps et biens avec trente-deux personnes à bord. Sa dernière position reçue le situait dans l'après-midi du 12 à cent milles au large du cap Masoala, faisant route vers le Sud-Est.

P. Martin de Vivies,
Chef de la Station Météorologique Principale de Tamatave.

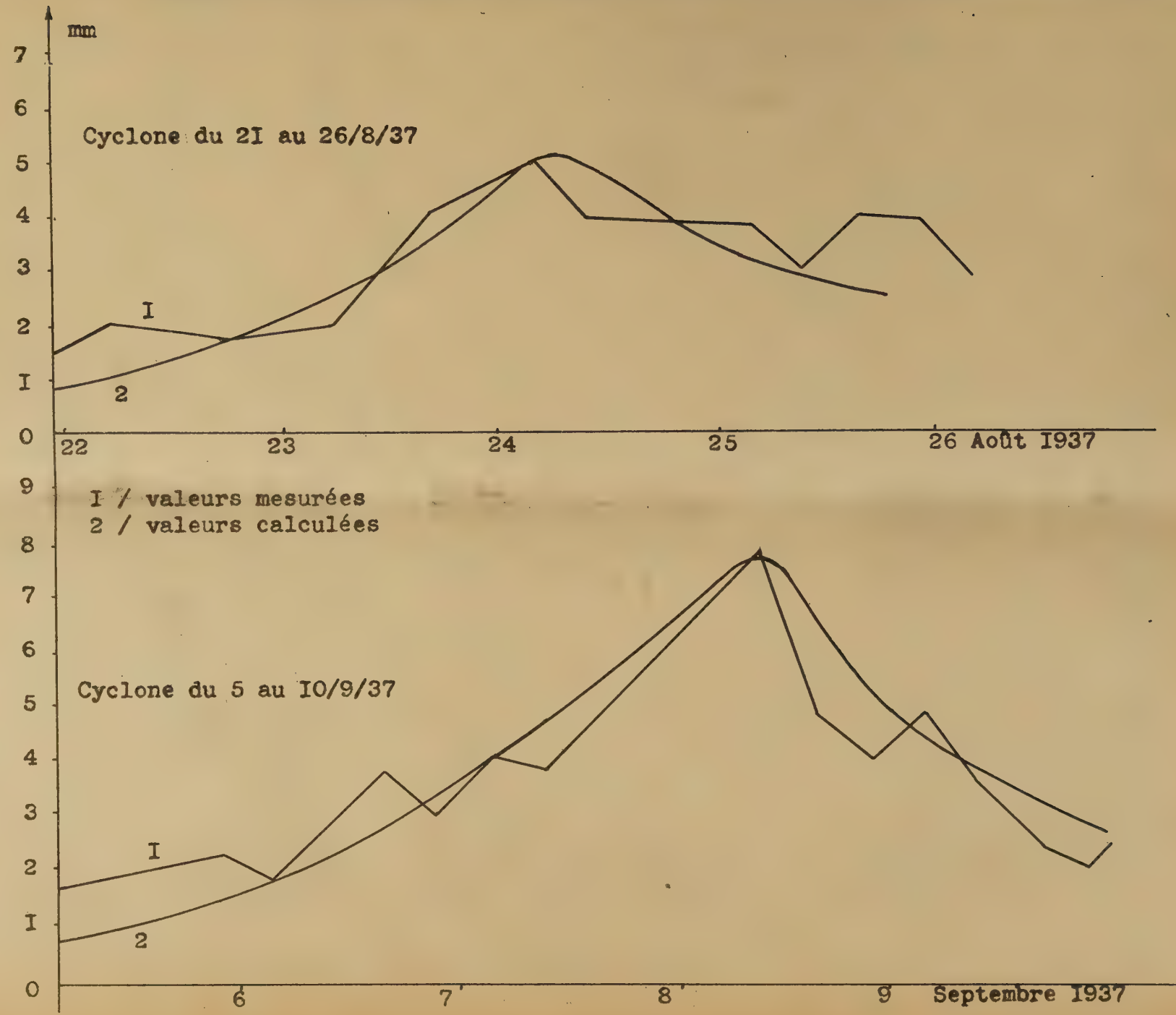

mm
7
6
5
4
3
2
I
0
Cyclone du 2I au 26/8/37
I
2
22
23
24
25
26 Août I937
I / valeurs mesurées
2 / valeurs calculées
9
8
7
6
5
4
3
2
I
0
Cyclone du 5 au IO/9/37
I
2
6
7
8
9 Septembre I937

Fig. I

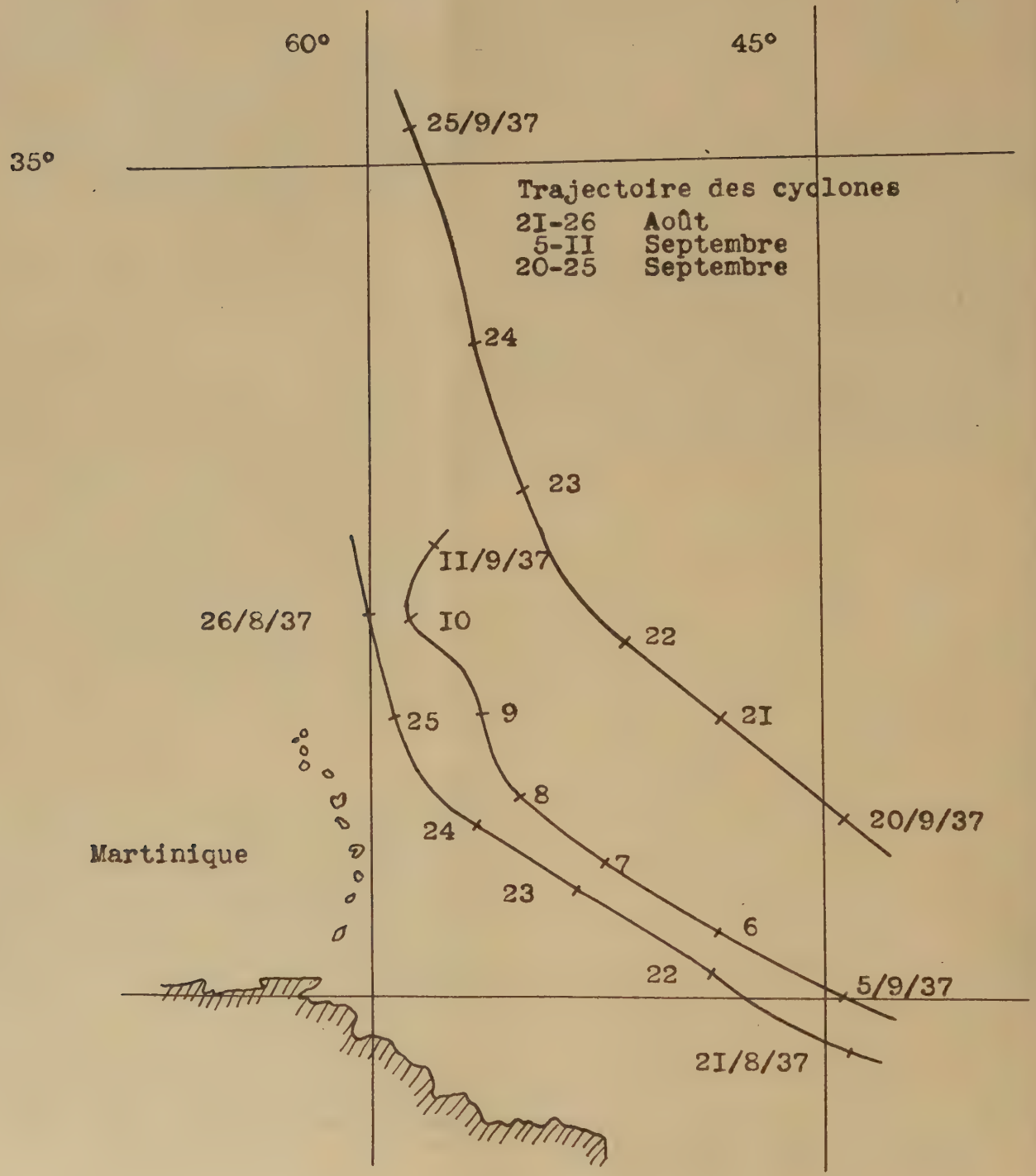

60°
45°
35°
25/9/37
Trajectoire des cyclones
2I-26 Août
5-II Septembre
20-25 Septembre
24
23
II/9/37
26/8/37
IO
22
25
9
2I
8
20/9/37
Martinique
24
7
23
6
22
5/9/37
2I/8/37

Fig. 2

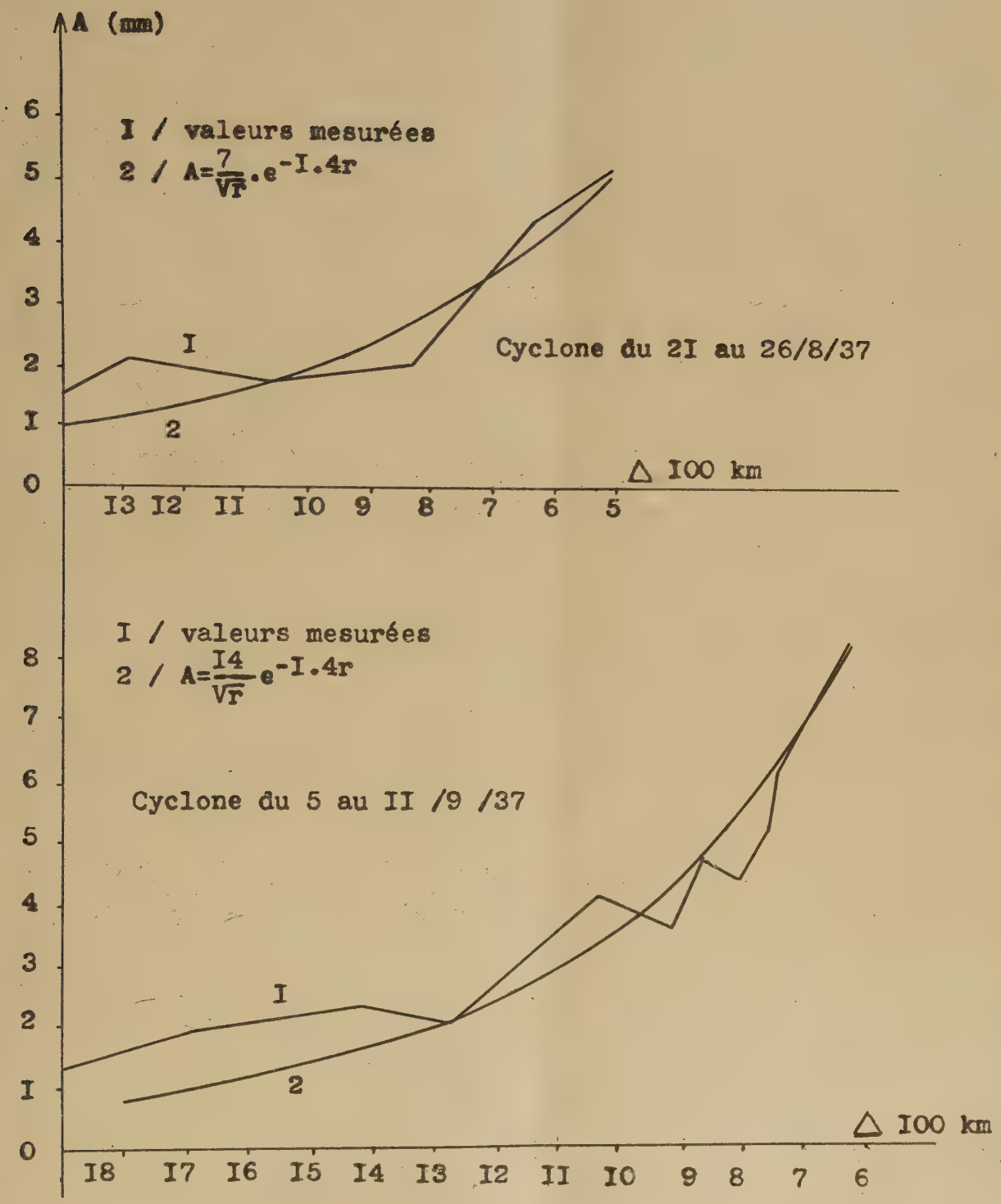

A (mm)
6
5
4
3
2
1
0
1 / valeurs mesurées
2 / $A=\frac{7}{\sqrt{r}}.e^{-1.4r}$
1
2
Cyclone du 21 au 26/8/37
△ 100 km
13 12 11 10 9 8 7 6 5
1 / valeurs mesurées
2 / $A=\frac{14}{\sqrt{r}}e^{-1.4r}$
8
7
6
5
4
3
2
1
0
Cyclone du 5 au 11 /9 /37
1
2
△ 100 km
18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6

Fig. 3

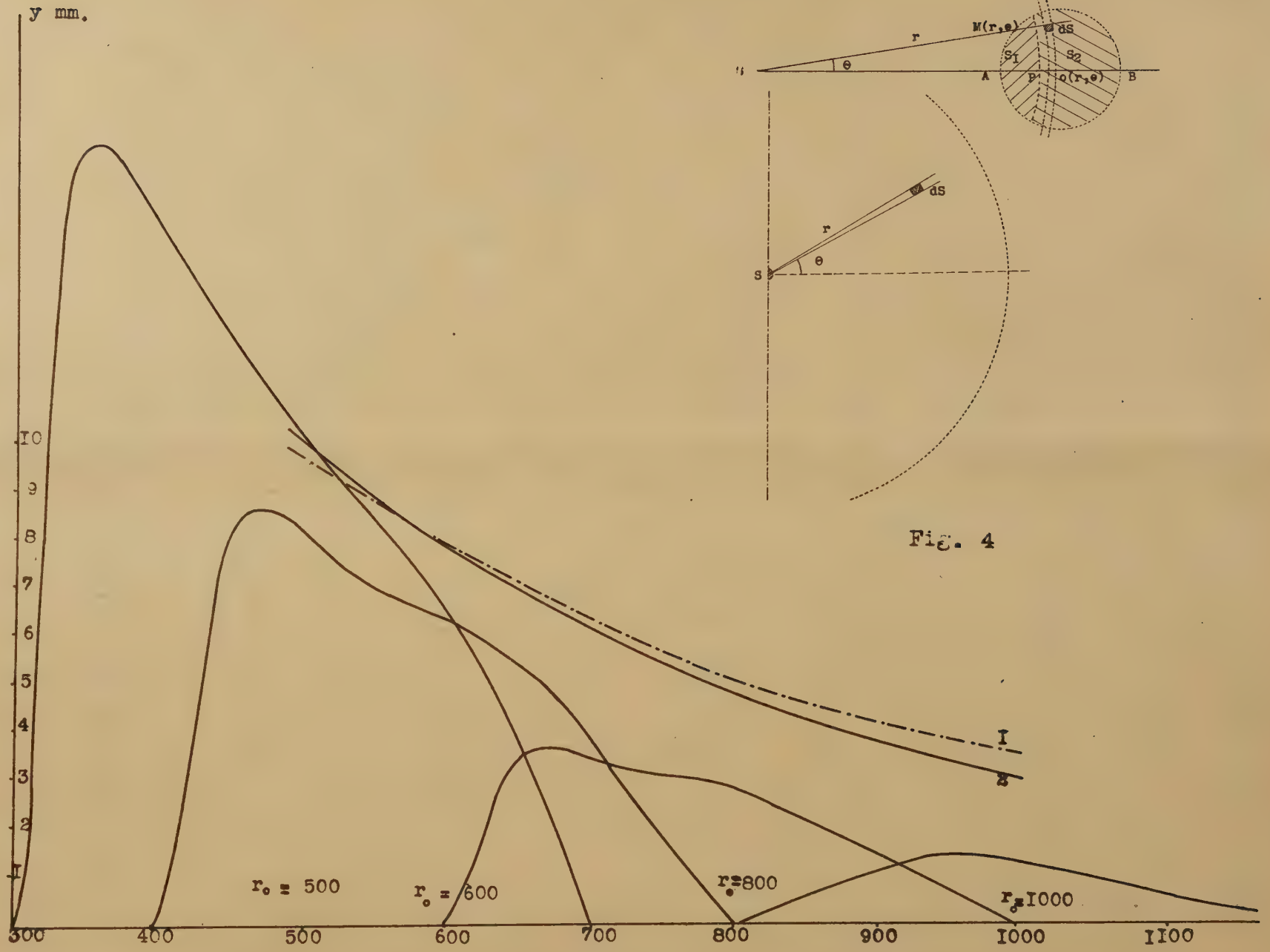

y mm.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
r_o = 500
r_o = 600
r_o=800
r_o=1000
I
II
r
M(r,θ)
dS
θ
S_1
S_2
A
P
Q(r,θ)
B
ds
S

Fig. 4

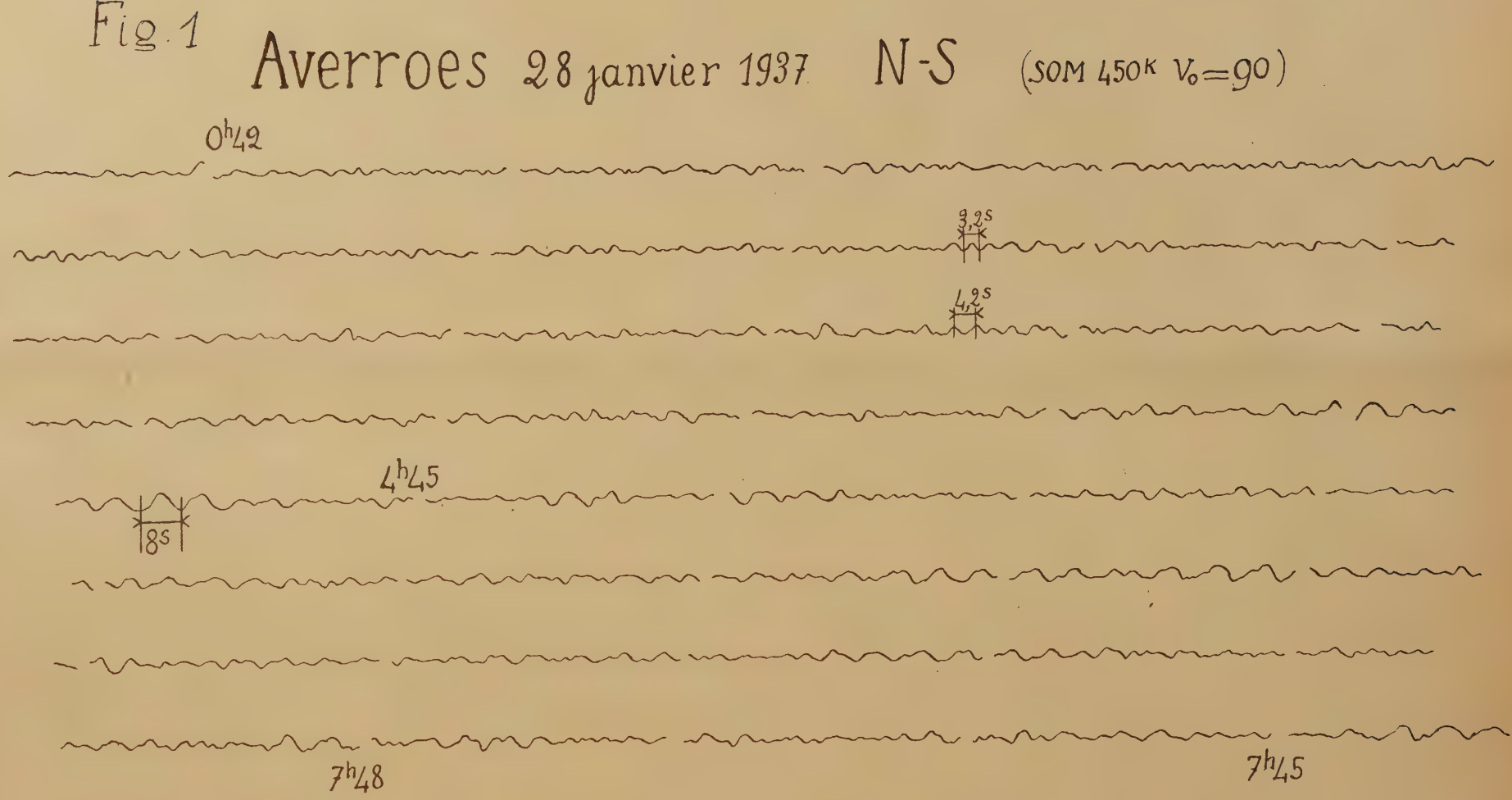
TABLEAU I

Date I937		Agitation à Averroes (AN) 3 h.	9 h.	I5 h.	2I h.	Houle à 8 h. Force moyenne	Période à Rabat
I4 Janvier	T (Sec)		7,5	6,8	7,2	3,5	I2 sec.
	A (M)		0,6	0,5	0,5		
I5 Janvier	T	6,5	5,5	6,5	7,2	4	I3
	A	0,5	0,6	0,8	0,7		
I6 Janvier	T	6,0	6,0	7,0	7,5	3	I2
	A	0,4	0,4	0,5	0,8		
I7 Janvier	T	7,7	7,5	7,7	6,7	5	I4
	A	0,9	I,I	I,0	0,8		
	t		2,0		2,0		
	a		0,3		0,4		
I8 Janvier	T	8,0	7,0	6,7	6,4	4,5	I5
	A	0,8	0,8	0,8	0,7		
I9 Janvier	T	6,7	6,4	6,4	6,4	3	I0
	A	0,6	0,6	0,9	0,8		
20 Janvier	T	6,3	6,2	6,5	7,0	2,5	I0
	A	0,6	0,9	0,9	I,I		
2I Janvier	T	7,3	7,3	7,0	7,2	4	I3
	A	I,I	I,0	I,0	0,9		
22 Janvier	T	7,5	7,5	7,2	7,0	5	I5
	A	I,0	I,I	I,I	I,2		
23 Janvier	T	7,5	7,7	7,3	7,5	5	I7
	A	I,3	I,5	I,6	I,3		
24 Janvier	T	7,3	7,6	7,5	7,5	5,5	I4
	A	I,0	I,5	I,6	I,9		
25 Janvier	T	8,0	8,0	8,0	7,5	6,5	20
	A	2,5	2,7	2,2	I,8		
26 Janvier	T	7,8	7,3	7,7	7,0	6	I5
	A	I,8	I,2	I,2	I,4		
	t		4,0	4,0	3,3		
	a		0,8	I,0	0,8		
27 Janvier	T	7,2	7,6	7,2	7,2	6	20
	A	I,5	I,6	2,3	2,8		
	t	3,5	3,5	4,0	4,0		
	a	I,2	I,I	2,0	2,5		
28 Janvier	T	8,0	7,8	8,0	7,5	7	I8
	A	3,8	3,0	2,9	2,I		
	t	3,5	3,2	3,2	3,2		
	a	2,0	I,5	I,5	0,8		
29 Janvier	T	7,I	6,5	6,3	6,5	5,5	I4
	A	I,7	I,3	I,0	I,0		
30 Janvier	T	6,0	5,6	5,6	6,8	4	I3
	A	0,9	0,8	0,7	0,8		
3I Janvier	T	6,5	7,2	7,7	7,5	5	I7
	A	0,9	I,6	I,5	I,7		
I° Février	T	7,2	6,8	6,2	6,0	6	I4
	A	I,4	I,4	I,0	0,9		
2 Février	T	6,0	5,6	5,4	5,7	3,5	I2
	A	0,8	0,8	0,6	0,7		
3 Février	A	0,5	0,4	0,5	0,6	2,5	?
4 Février	T	6,0	7,5	7,2	6,5	3,5	I5
	A	0,7	I,2	I,0	0,9		
5 Février	A	0,8	0,6	0,5	0,6	3,5	I4

TABLEAU II

a Date Janvier	b Période de la houle	c Période de l'agitation à Averroes	d Période correspondante à Paris	a	b	c	d
I5	I3	5,5		24	I4	7,6	6,4
I6	I2	6,0		25	20	8,0	7,8
I7	I4	7,5	7,6	26	I5	7,5	7,2
I8	I5	7,0	6,4	27	20	7,6	7,6
I9	I0	6,4	5,8	28	I8	7,8	7,4
20	I0	6,2	6,0	29	I4	6,5	6,4
2I	I3	7,3	6,2	30	I3	5,6	(4,6)
22	I5	7,5	7,6	3I	I7	7,2	6,0
23	I7	7,7	7,0	I°	I4	6,8	6,6
				2 Février	I2	5,6	

Fig. 1


Averroes 28 janvier 1937 N-S (SOM 450K V₀=90)
0h42
3,2s
4,2s
4h45
8s
7h48
7h45

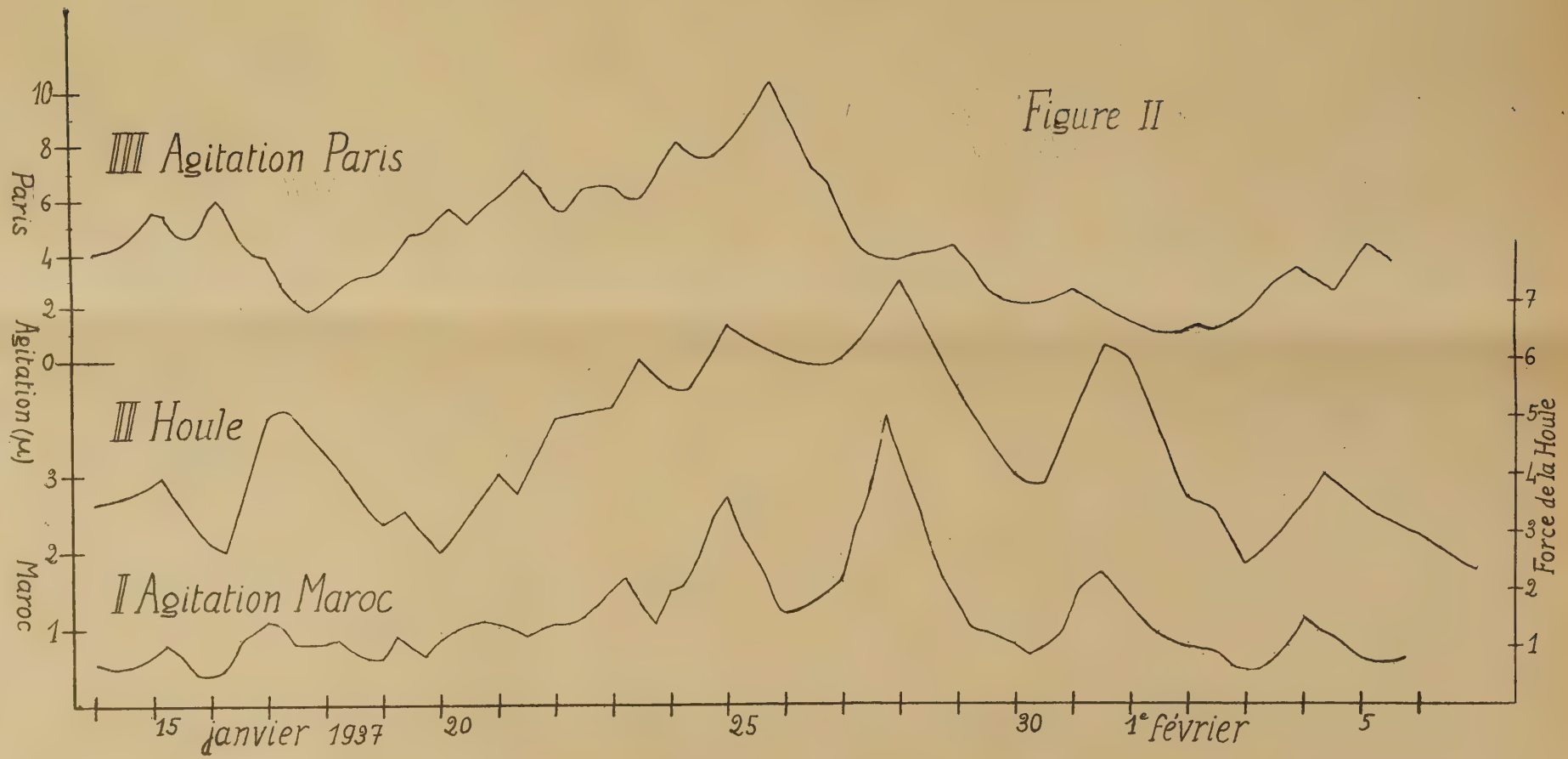

III Agitation Paris
II Houle
I Agitation Maroc
Paris
Agitation (μ)
Maroc
Force de la Houle
10
8
6
4
2
0
3
2
1
7
6
5
4
3
2
1
15 janvier 1937
20
25
30
1e février
5

Figure II

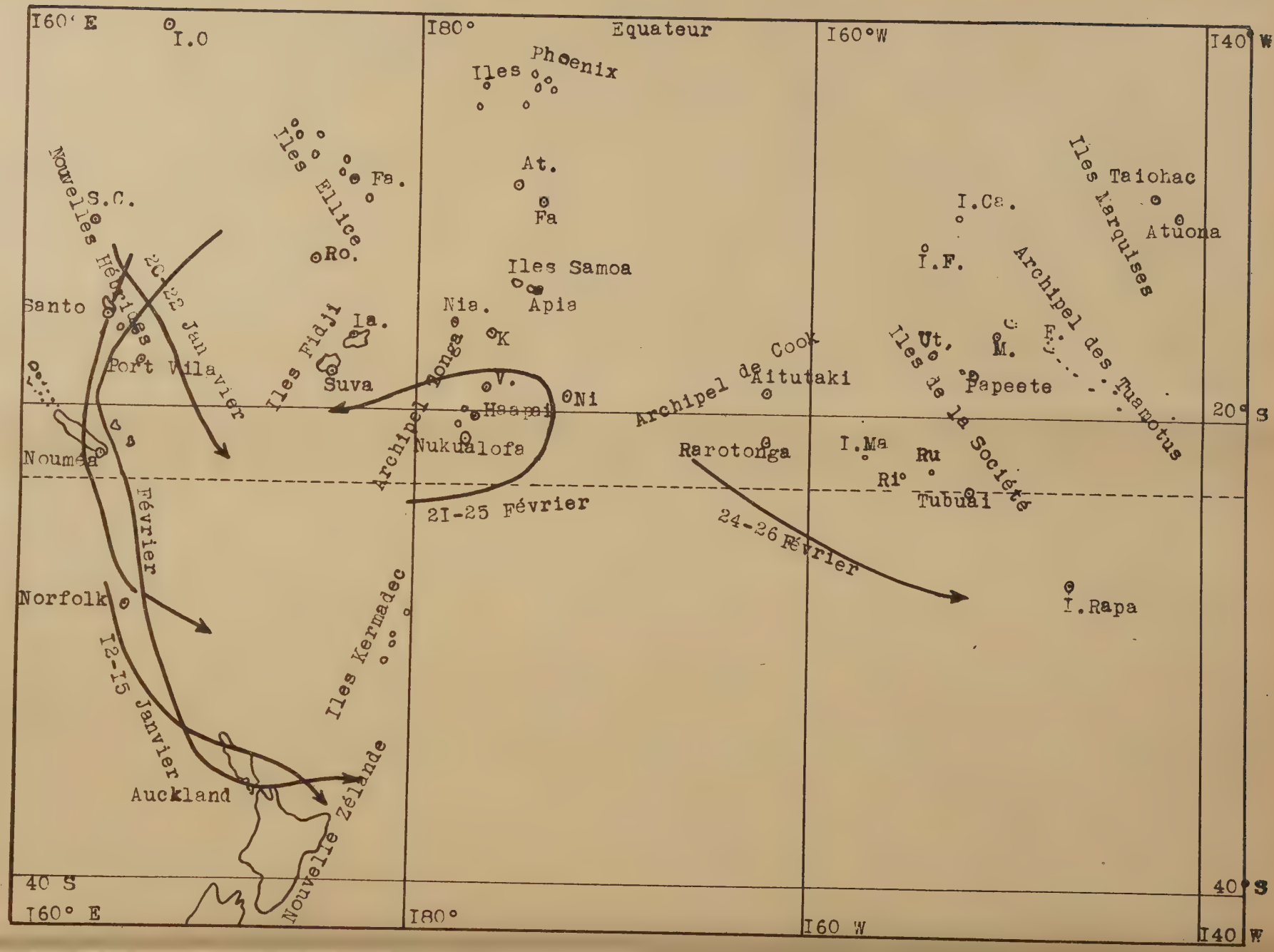

I60° E
I.O
I80°
Equateur
I60°W
I40° W
Phoenix
Iles
At.
Fa
Iles Ellice
Fa.
Ro.
S.C.
Nouvelles Hébrides
Iles Taiohae
I.Ca.
Atuona
Iles Marquises
I.F.
Archipel des Tuamotus
Iles Samoa
Apia
Nia.
Santo
20-22 Janvier
Iles Fidji
Ia.
K
Cook
Ut.
M.
Fy...
Port Vila
Suva
V.
Ni
Archipel de Aitutaki
Papeete
Iles de la Société
20° S
Haapai
Archipel Tonga
Nukualofa
Rarotonga
I.Ma
Ru
Ri°
Nouméa
Février
Tubuai
21-25 Février
24-26 Février
Norfolk
I.Rapa
Iles Kermadec
I2-I5 Janvier
Auckland
Nouvelle Zélande
40 S
40° S
I60° E
I80°
I60 W
I40 W

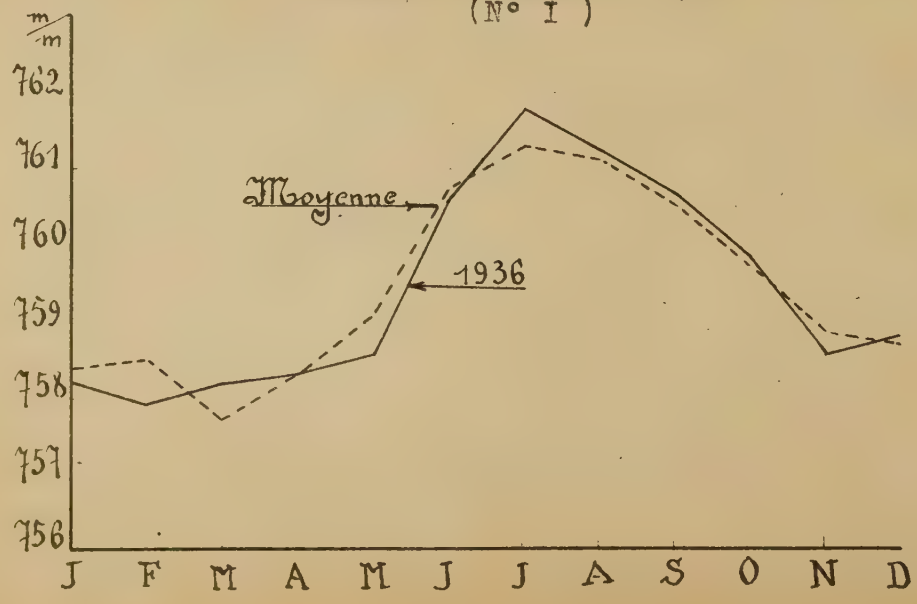
TABLEAU A

Mois	LOME Pression 1936	LOME Pression Moy.	LOME Température 1936	LOME Température Moy.	LOME Pluie et Orage 1936 (1)	(2)	(3)	LOME Pluie et Orage Moy. (1)	(2)	(3)	PALIME Pression 1936	PALIME Pression Moy.	PALIME Température 1936	PALIME Température Moy.	PALIME Pluie et Orage 1936 (1)	(2)	(3)	PALIME Pluie et Orage Moy. (1)	(2)	(3)	MISAHOE Pression 1936	MISAHOE Pression Moy.	MISAHOE Température 1936	MISAHOE Température Moy.	MISAHOE Pluie et Orage 1936 (1)	(2)	(3)	MISAHOE Pluie et Orage Moy. (1)	(2)	(3)	NUATJA Pression 1936	NUATJA Pression Moy.	NUATJA Température 1936	NUATJA Température Moy.	NUATJA Pluie et 1936 (1)	(2)	(3)	NUATJA Orage 1936 (1)	NUATJA Orage Moy. (2)	(3)	ATAKPAME Pression 1936	ATAKPAME Pression Moy.	ATAKPAME Température 1936	ATAKPAME Température Moy.	ATAKPAME Pluie et Orage 1936 (1)	(2)	(3)	ATAKPAME Pluie et Orage Moy. (1)	(2)	(3)
Janv.	758,2	758,4	27,1	26,3	37,5	3,0	3,0	10,5	1,0	0,8	739,1	738,7	26,6	24,7	23,0	2,0	0,0	22,0	2,0	2,6	721,7	721,0	27,8	25,7	37,0	5,0	2,0	19,0	1,8	2,8	747,5	745,0	28,2	26,8	6,5	3,0	0,0	28,0	1,6	1,1	729,4	729,4	27,5	26,3	0,0	0,0	0,0	22,0	1,3	1,1
Fév.	59,9	58,5	27,5	27,5	22,0	2,0	3,0	34,1	1,7	1,6	36,9	39,0	28,0	26,7	10,5	4,0	1,0	54,0	3,9	4,1	22,4	21,1	29,8	26,7	40,0	5,0	0,0	53,0	4,0	4,7	45,7	45,3	29,4	28,1	49,8	7,0	6,0	36,0	2,8	1,9	29,2	29,4	28,9	27,8	56,0	4,0	1,0	38,0	2,4	1,3
Mars	58,2	57,7	27,7	28,1	29,2	6,0	6,0	47,1	4,0	4,7	39,0	38,0	27,9	27,0	173,5	8,0	6,0	122,0	7,5	4,7	22,8	20,9	28,7	26,6	166,0	6,0	1,0	106,0	8,6	7,9	48,3	44,2	29,6	28,8	45,3	6,0	5,0	91,0	7,8	5,1	29,3	27,8	28,8	28,0	178,3	7,0	4,0	91,0	5,9	5,2
Avril	58,3	56,3	27,5	27,9	52,9	5,0	3,0	84,5	6,4	5,8	39,2	38,8	27,7	26,5	136,5	8,0	3,0	145,0	8,4	5,8	21,3	23,0	27,1	25,7	112,8	6,0	0,0	138,0	9,6	7,7	49,0	44,9	29,4	28,1	142,8	9,0	7,0	120,0	8,6	5,0	29,2	28,7	28,7	26,2	135,8	11,0	4,0	136,0	7,9	5,7
Mai	58,6	59,1	27,0	27,2	223,1	10,0	6,0	137,8	8,0	6,4	38,6	39,0	27,4	26,0	150,0	10,0	4,0	137,0	9,6	7,2	22,2	23,1	25,8	25,3	162,8	11,0	2,0	151,0	12,4	7,8	49,6	46,0	28,4	27,5	145,0	12,0	3,0	135,0	9,5	4,3	29,5	29,4	27,7	25,9	56,9	9,0	1,0	145,0	8,7	5,2
Juin	60,7	60,8	25,4	26,2	133,4	12,0	3,0	201,9	9,7	3,7	41,6	40,1	25,5	24,9	144,0	10,0	1,0	239,0	12,8	7,0	24,3	24,6	23,6	24,5	152,0	11,0	1,0	244,0	15,3	8,3	51,8	46,8	26,5	26,5	119,0	13,0	1,0	197,0	12,1	7,0	30,8	30,8	26,0	25,1	267,8	14,0	4,0	179,0	12,3	5,0
Juil.	61,8	61,3	24,1	25,2	0,0	0,0	0,0	62,6	5,2	2,5	42,3	41,6	24,4	24,1	129,0	7,0	0,0	171,0	10,5	2,6	25,8	25,3	22,8	23,5	82,0	7,0	0,0	112,0	14,3	4,0	53,1	46,8	25,6	25,6	51,9	7,0	1,0	85,0	7,5	1,6	31,0	31,0	24,8	24,0	329,1	17,0	2,0	195,0	13,6	2,4
Août	61,2	61,1	23,2	24,7	1,0	1,0	0,0	11,9	2,1	0,5	41,4	41,3	25,0	25,9	8,0	1,0	0,0	122,0	8,7	1,9	24,9	25,9	22,8	23,2	16,0	4,0	0,0	140,0	12,2	3,1	51,3	49,5	25,0	25,5	2,8	1,0	0,0	88,0	6,9	1,1	30,0	30,5	25,3	23,7	73,0	5,0	1,0	167,0	12,7	2,6
Sept.	60,7	60,5	24,9	25,2	69,9	4,0	3,0	37,8	5,3	1,9	40,9	40,3	25,7	24,6	86,0	8,0	0,0	174,0	12,7	7,4	24,7	25,1	24,1	23,8	153,0	15,0	5,0	198,0	15,7	8,7	49,3	47,3	26,2	25,9	136,5	14,0	2,0	131,0	10,0	3,0	29,9	30,1	25,2	24,2	265,0	19,0	1,0	182,0	12,3	4,0
Oct.	59,9	59,8	26,3	26,2	35,5	8,0	3,0	84,0	6,8	4,3	40,2	40,0	26,7	25,2	135,5	11,0	1,0	134,0	12,0	5,3	24,8	24,7	25,6	24,5	215,0	16,0	9,0	171,0	14,0	7,7	47,7	46,9	27,4	26,6	157,7	8,0	4,0	140,0	10,2	4,9	29,9	29,9	26,7	25,1	101,3	12,0	4,0	137,0	10,1	5,3
Nov.	58,6	58,9	27,0	26,7	27,2	6,0	4,0	30,8	3,2	3,6	38,1	39,2	27,2	25,2	112,0	10,0	0,0	76,0	5,9	2,8	22,9	23,4	26,7	25,7	122,0	10,0	3,0	65,0	6,3	4,6	46,7	46,1	28,3	27,3	49,7	4,0	1,0	39,0	3,9	2,9	29,6	29,8	26,9	26,0	59,9	7,0	4,0	36,0	2,3	1,9
Déc.	58,8	58,7	26,6	26,6	4,0	4,0	1,0	10,8	0,9	1,2	39,2	39,4	26,2	24,7	97,5	7,0	0,0	43,0	3,3	4,9	22,3	23,2	26,1	25,7	61,5	3,0	3,0	39,0	3,4	3,9	46,8	46,1	27,8	26,6	26,3	4,0	1,0	25,0	1,9	1,4	29,7	29,5	26,3	25,8	80,4	3,0	0,0	31,0	1,4	1,2
Moy.	759,4	759,4	26,2	26,5	(4) 635,5	(5) 61,0	(6) 32,0	753,2	54,5	34,8	740,0	739,6	26,5	25,3	1203,5	86,0	16,0	1428,0	97,1	56,0	723,3	723,4	25,6	25,1	1319,5	101,0	28,0	1538,0	117,6	71,2	748,9	746,1	27,6	26,9	932,5	88,0	37,0	1066,0	82,6	39,3	729,7	729,7	26,9	25,7	1321,7	108,0	26,0	1360,0	90,9	34,9

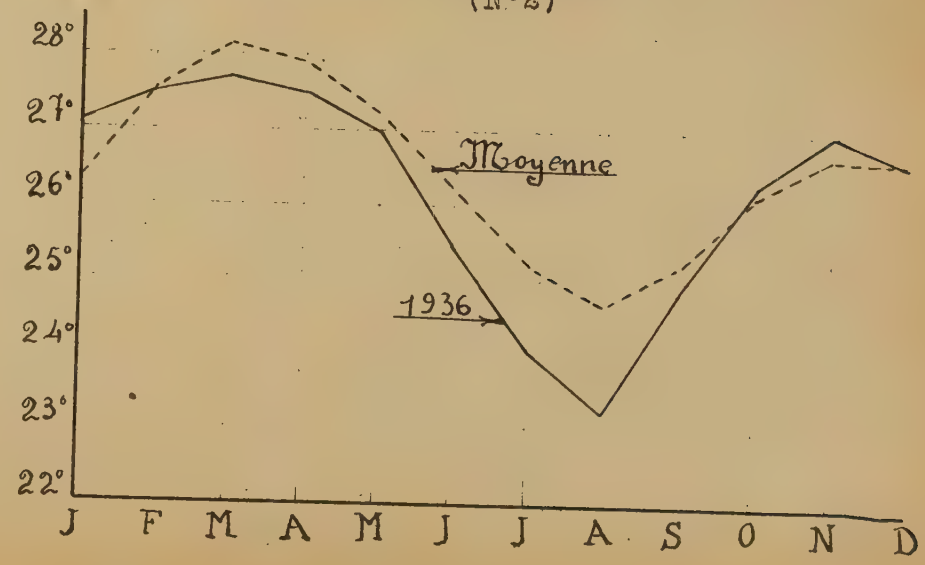
(1) Hauteur d'eau tombée en m/m
(2) Nombre de jours de pluie
(3) Nombre de jours d'orage

(4) Hauteur totale annuelle d'eau tombée en m/m
(5) Nombre total annuel de jours de pluie
(6) Nombre total annuel de jours d'orage

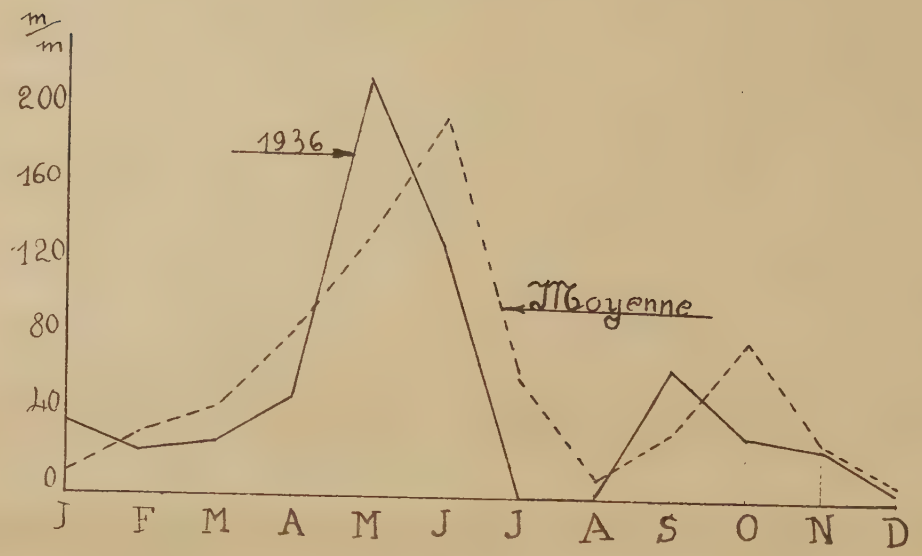
PRESSION ATMOSPHERIQUE
(N° I)



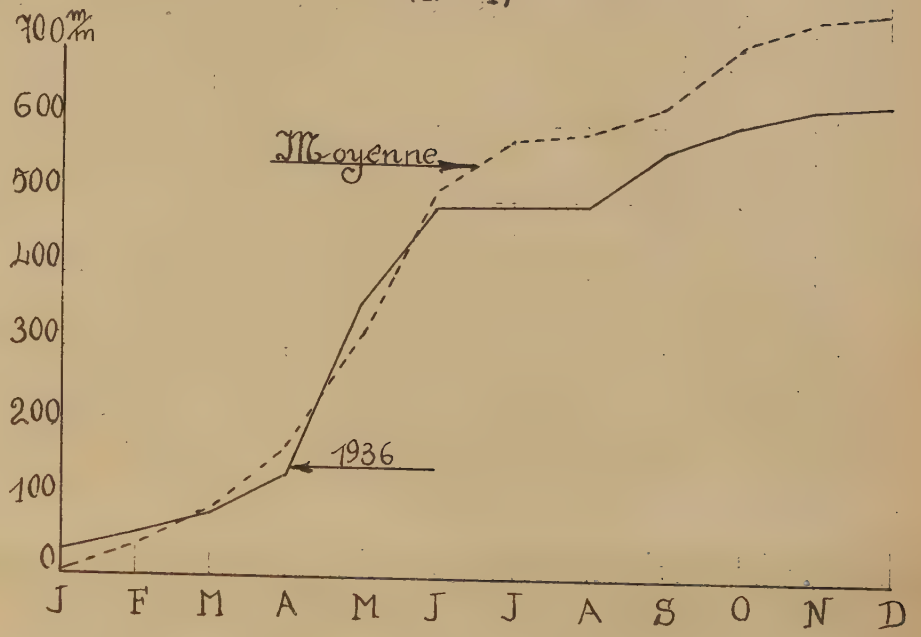
TEMPERATURE
(N°2)



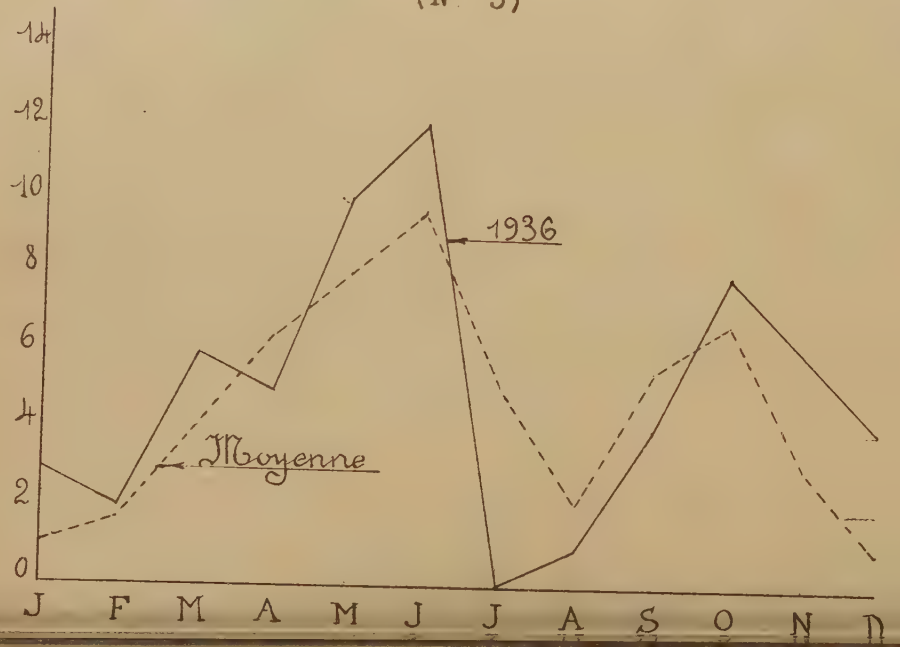
PLUIES MENSUELLES
(N° 3)



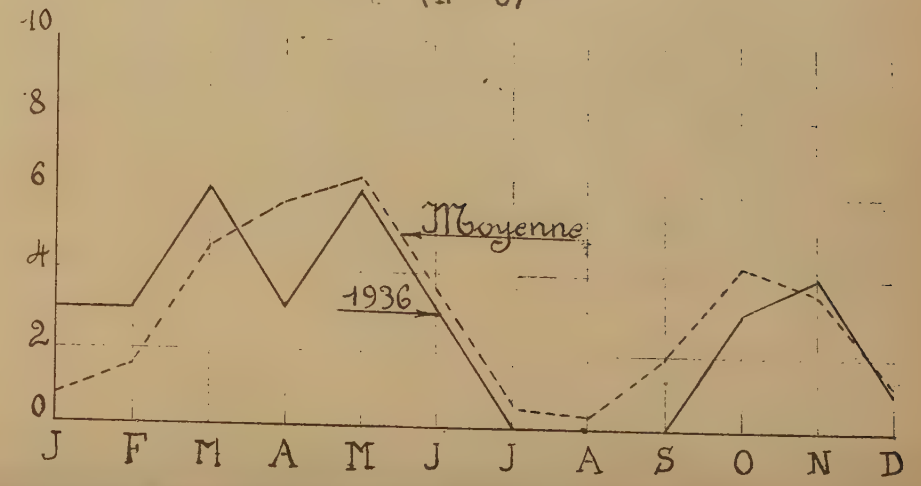
PLUIES CUMULEES
(N° 4)



JOURS DE PLUIE
(N° 5)

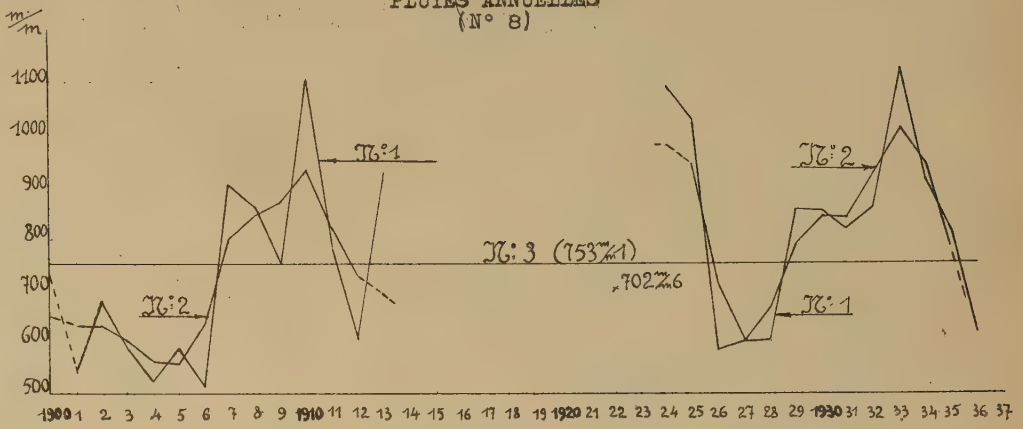


JOURS D'ORAGE
(N° 6)

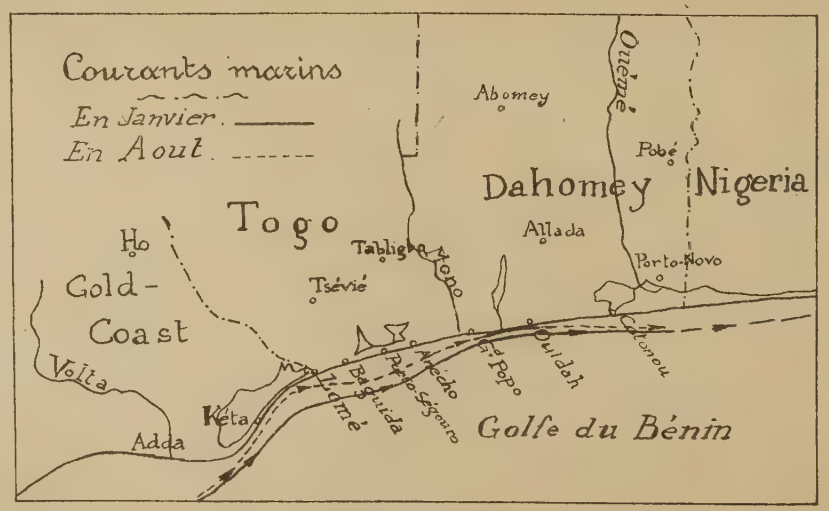


TEMPERATURE DE LA MER
(N° 7)

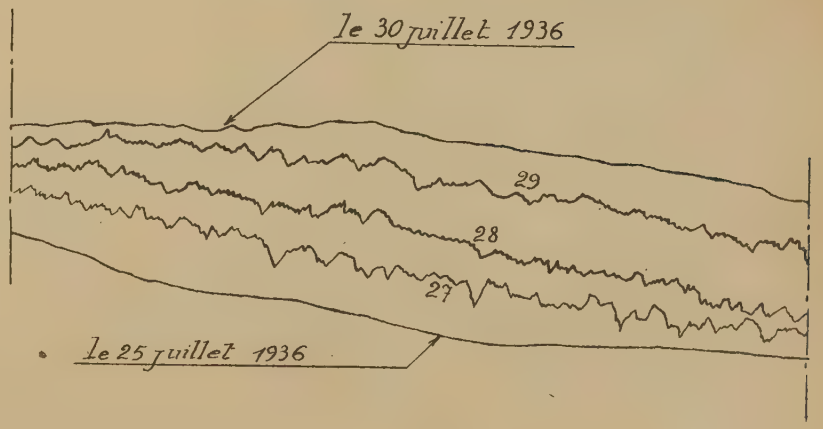
PLUIES ANNUELLES
(N° 8)

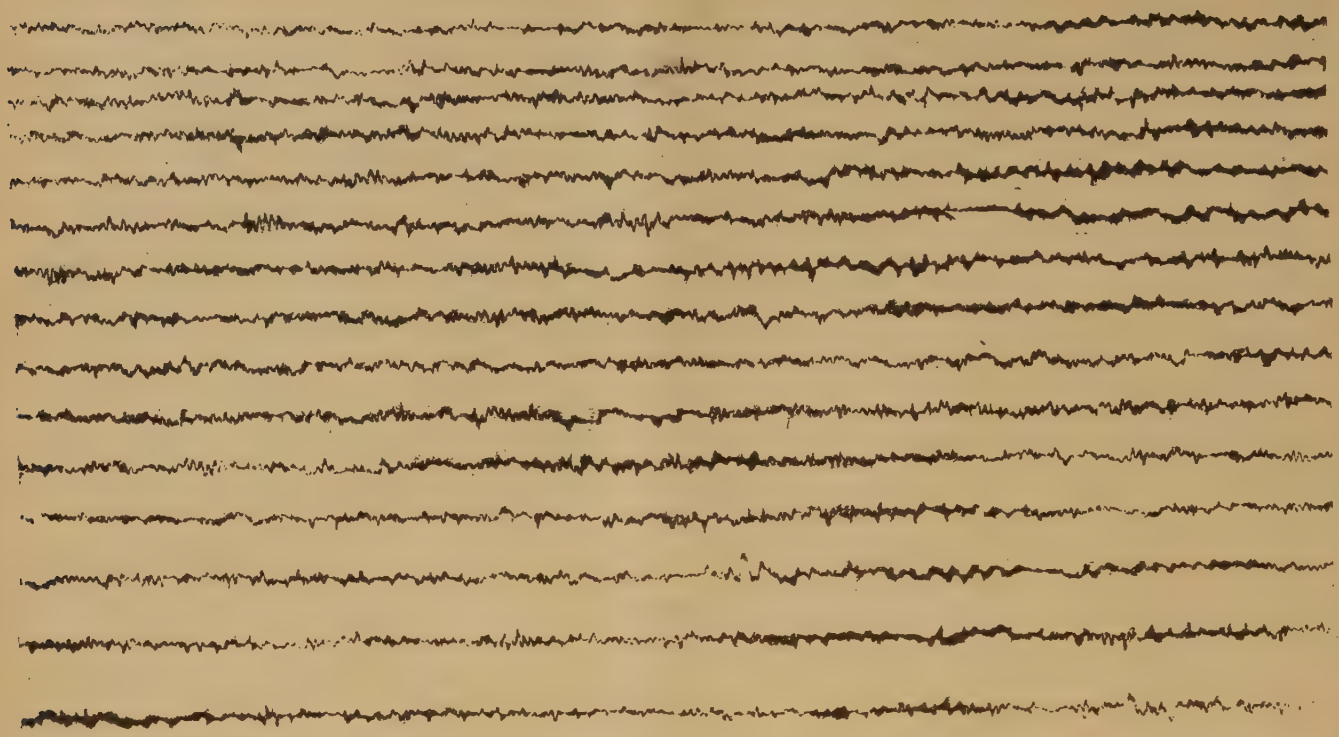


N° I-Hauteurs annuelles
N° 2-Moyenne de l'année, de l'année précédente et de l'année suivante
N° 3-Moyenne d'eau tombée à Lomé de I900-I936.

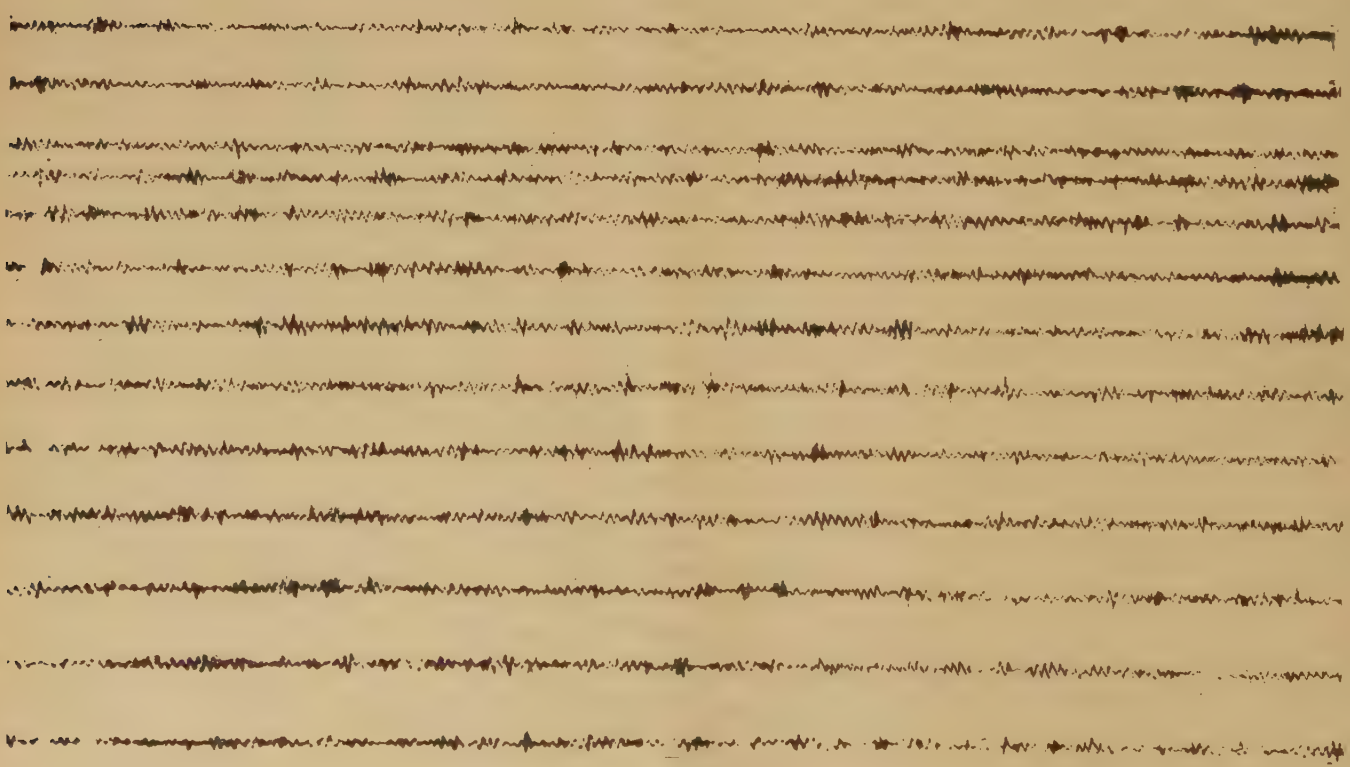


MAREGRAMME
du 25 au 30 Juillet I936





9 .- Séismogramme du 28 au 29 juillet I936. Composante N.S.



I0 .- Séismogramme du 28 au 29 juillet I936. Composante E.W.

La houle à la Martinique

Régime général de la houle. — La houle paraît en liaison très étroite avec la position du *front tropical* (1). L'agitation de la mer due aux perturbations de ce front est surtout sensible du côté dépressionnaire de la discontinuité. Au sein de la masse anticyclonique la mer reste calme ; elle l'est également quand le front tropical repoussé vers le Nord pendant l'hivernage cède la place au courant équatorial d'Est. Ces faits sont conformes à l'observation locale de deux périodes de mer agitée : avril-mai qui correspond à la remontée du front tropical vers le Nord et novembre-décembre, époque où cette discontinuité descend vers le Sud.

En dehors de ces périodes assez générales on observe des mers houleuses en hiver en liaison avec les dépressions extratropicales Nord-Atlantique et en été avec les cyclones tropicaux.

Distribution géographique locale. — La chaîne des Petites Antilles, sans être imperméable à la propagation des ondes marines, constitue néanmoins un sérieux obstacle à leur pénétration de l'Océan Atlantique dans la mer des Antilles. Aussi, d'une façon générale, l'agitation de la mer sur la côte Est de la Martinique précède-t-elle les météores. L'agitation sur la côte Ouest succède à leur passage sur les Petites Antilles. De plus, les perturbations génératrices de houle, dans l'Atlantique, sont beaucoup plus fréquentes que les perturbations de la mer des Antilles. Aussi cette dernière est-elle notablement moins agitée que l'Océan Atlantique. Toutefois, il ressort des rapports des navires pétroliers qui fréquentent le Venezuela qu'en décembre, janvier et février les bâtiments trouvent la mer plus mauvaise sur les côtes de ce pays (front tropical).

Les espaces entre les îles de l'archipel sont toutefois suffisants pour assurer la pénétration des ondes de l'Atlantique dans la mer des Antilles.

Lors de son commandement de la Marine aux Antilles, M. le Capitaine de frégate Faivre a bien voulu me faire part de ses observations dans la région du canal de la Dominique. La propagation de la houle subit, dans le canal même, un retard par amortissement régressif des ondes. Ce retard est estimé à plusieurs heures. Ainsi la houle qui s'est établie à Basse-Pointe (extrêmité Nord-Est de l'île) met quatre ou cinq heures à franchir les 20 kilomètres qui séparent ce point du Prêcheur (extrêmité Nord-Ouest de l'île). Un fait plus curieux est l'établissement de la houle sur la côte Ouest seulement 12 à 15 heures après le passage des ondes par le canal de la Dominique. M. Faivre admit alors l'explication que je lui proposais de la réflexion des ondes contre la chaîne des Grandes Antilles. Aucune observation n'a permis jusqu'à présent de confirmer cette hypothèse. Toujours est-il que dans ce cas, qui est celui où la perturbation génératrice passe très au Nord des Antilles, la houle qui s'établit dans la mer des Antilles est d'une amplitude notablement inférieure à celle de la houle subie peu de temps avant sur la côte orientale de l'île.

Houles locales. — Les espaces aussi étendues que la baie de Fort-de-France sont susceptibles de former au passage des grains une houle locale. Celle-ci est couramment observée ; l'amplitude des vagues est minime, mais reste suffisante pour gêner la navigation de pêche et de plaisance.

Sans disposer d'observations précises sur les autres parties de l'île, il est à présumer que des houles locales doivent également se former dans la baie du Marin et dans celle de Saint-Pierre.

Cette agitation est souvent strictement limitée. Elle obéit, en effet, aux grains qui se forment sur la chaîne des Petites Antilles. Aussi il est probable que les havres de la côte Est sont moins affectés par ce phénomène.

Influence de la côte et des fonds. — La côte orientale de l'île, surtout dans le Sud, est très découpée. De la Caravelle à la Pointe des Salines elle se présente comme une succession de petites baies elles-mêmes pénétrées par des anses plus ou moins larges, le tout protégé par de nombreux îlots et par des formations de madrépores à fleur d'eau. Aussi cette partie de la côte est-elle à l'abri de la houle. Par contre, à un ou deux kilomètres du rivage, au delà des madré-

(1) La définition du front tropical a été donnée dans une note antérieure de M. Frolow : *Annales Phys. Gl. France d'Outre-Mer*, 1938, N° 28, p. 119.

pores, se formeu ne barre. Aussi certains endroits de cette côte calme restent-ils difficilement accessibles. Au Nord de la Caravelle la barre est fréquente au voisinage même de la côte. Elle s'en éloigne seulement dans les environs du bourg Sainte-Marie, où les bancs de sable existent à 800 mètres environ au large. La mer déferle perpétuellement au Lorrain, à Basse-Pointe et à Grand-Rivière.

Il ne faut néanmoins pas exagérer l'importance de cette barre. Partout les bateaux de pêche la traversent sans difficultés appréciables. Par contre cette partie de la côte paraît interdite à l'hydravion qui trouve par contre de nombreux plans d'eau au Sud de la Caravelle.

La côte occidentale, moins étendue, est plus largement découpée.

En dehors de trois grandes baies (Saint-Pierre, Fort-de-France, Marin) elle présente de nombreuses anses semi-circulaires largement ouvertes sur la mer, mais abritées du vent d'Est.

La barre n'est observée qu'au Prêcheur. A l'exception de la baie de Fort-de-France, admirablement protégée, toutes ces anses sont exposées aux houles cycloniques de la mer des Antilles. A Fort-de-France même, la mer déborde sur les quais pendant l'hivernage et j'ai observé, le 11 novembre 1937, au moment où un cyclone très faible venait de se former dans la mer des Antilles, des creux de plus de 2 m. 50 (1). Aussi, en se plaçant uniquement au point de vue de l'agitation de la mer, le port de Trinité est-il le hâvre le plus sûr de la colonie.

(1) Le Service du Port de Fort-de-France a signalé des creux de 4 m. 50 par vent d'Ouest dans la baie des Flamands.

Caractères physiques de la houle. — Il n'a pas été possible de réunir jusqu'à présent une documentation complète sur les caractères propre de la houle observée à la Martinique. Dès que le marégraphe de la Caravelle sera en place on aura une documentation précise tant sur l'amplitude que sur la période des ondes qui touchent la côte Est. L'expérience due au fonctionnement d'un poste d'observation à la Pointe de la Caravelle durant tout l'hivernage 1937 permet d'indiquer que la marée de tempête observée le 9 septembre a été en liaison avec une houle de 8 m. de creux d'une période de 13 secondes.

L'amplitude la plus communément observée à la Caravelle a été de 2 m. 50 à 3 m., en dehors de toute perturbation au voisinage. La période moyenne de la houle est de 11 secondes. La mer la moins agitée présente encore un creux de 0 m. 50 à 1 m. et la période ne descend qu'exceptionnellement en dessous de 9 secondes.

Aucun renseignement ne peut être fourni à l'heure actuelle sur la vitesse de propagation des rouleaux mais il apparaît déjà que ce facteur est sujet à des variations assez larges suivant les conditions météorologiques.

Des observations régulières entreprises en 1932-33 sur la côte Ouest nous ont permis de constater que la période la plus fréquente de la houle était de 12 secondes.

ROMER,
Ingénieur-Météorologiste en chef des Colonies.
Fort-de-France (Martinique).

Dépressions cycloniques pendant l'hivernage 1936-37 dans le Pacifique Sud

La période qui s'étend du mois de novembre au mois de mars suivant, correspond, en Océanie, à ce qu'on appelle la « saison chaude et pluvieuse ». Elle correspond aussi à une activité cyclonique intense, surtout dans la portion Ouest du Pacifique équatorial, et l'on compte en général chaque année cinq ou six perturbations cycloniques très caractérisées, quelques-unes d'entre elles, très violentes, occasionnant de grands ravages, en particulier aux Nouvelles-Hébrides. A côté de ces dépressions dont il est possible de déterminer avec une certaine précision, la position du centre et le sens de déplacement, il existe sans aucun doute, d'autres perturbations accusées seulement par le baromètre, sans qu'on puisse déterminer ni leur position, ni leur trajectoire. C'est ce qui a été déjà signalé pour les cyclones des Antilles en 1935 (1). Dans ce qui suit, nous allons passer en revue les circonstances de formation, de développement et de disparition des dépressions observées

(1) S. FROLOW : *Les cyclones des Antilles en* 1935 (*Annales de Physique du globe de la France d'Outre-Mer*, n° 18, décembre 1936).

pendant l'hivernage 1936-37 dans le Pacifique-Sud. Cette période d'hivernage se présente sous deux aspects successifs :

1° De novembre à fin décembre : dépressions peu importantes suivies de grains à caractères orageux avec pluies assez abondantes : c'est en quelque sorte une période d'activité pré-cyclonique.

2° De janvier à fin mars : période des grands cyclones, intéressant tout le Pacifique-Sud, et déterminant les conditions météorologiques de toute la région.

Novembre–Décembre 1936

Dès le début du mois de novembre, les cartes synoptiques montrent l'existence d'un champ de basses pressions de gradient assez faible, s'étendant sur tout le Pacifique-Sud. Toute une série de dépressions semblent se former : le baromètre baisse à diverses reprises, descend facilement jusqu'à 755 millimètres, soit un écart de 4 millimètres (chose considérable en Océanie) ; le ciel se couvre successivement de cirrus organisés, de cirrocumulus, de cirrostratus accompagnés de halos, d'altrostratus doublés de nuages déchiquetés de mauvais temps ; la pluie tombe en quantités modérées, puis tout rentre dans l'ordre, sans qu'aucune Station météorologique du Pacifique n'ait signalé la tempête que les conditions de pression et de température laissaient supposer très proche.

Pour expliquer cela, il est bon de remarquer qu'à cette époque, les conditions essentielles à la formation d'un cyclone ne se trouvent pas remplies dans cette partie du Pacifique ; il n'existe à proprement parler aucune zone de discontinuité, la coexistence de deux masses d'air adjacentes, de température différente, n'étant pas nettement caractérisée. Il est possible, d'autre part, que l'énergie cinétique produite par la petite différence de température entre l'air équatorial et l'air subtropical soit rapidement épuisée par une invasion d'air froid polaire plus ou moins tourbillonnaire. Cet état de chose a d'ailleurs tendance à disparaître, au fur et à mesure que l'on avance dans la saison chaude : à la fin décembre, des zones de discontinuité se forment, des petites dépressions stationnaires avec vents assez forts apparaissent entre les Nouvelles-Hébrides, les Iles Norfolk et les Iles Fidji, mais elles se comblent presque aussitôt. Ces cyclones sont occlus peu après leur formation, et de ce fait ne peuvent progresser.

Les renseignements sur les vents en altitude fournis par les sondages exécutés à Papeete et à Apia (Western-Samoa) montrent que nous sommes dans une période transitoire : les renforcements temporaires du vent des secteurs Sud et Sud-Est, deviennent de plus en plus fréquents, et coïncident avec les abaissements de la pression et de la température que nous avons signalés précédemment. Ces indices ne sont évidemment pas aussi accusés que pendant un cyclone véritable ; ils permettent toutefois de se faire une idée exacte de la disposition des courants aériens et de leurs fluctuations. Selon le nombre et l'importance de ces indices, il sera possible de prévoir dans une certaine mesure la fin de cette période « précyclonique » qui s'étend en général de novembre à fin décembre.

Janvier–Mars 1937

Avec le mois de janvier 1937, s'ouvre la période des grands cyclones. Dès le début du mois, on peut identifier des masses d'air de nature essentiellement différentes, l'air froid méridional pénétrant « en coin » dans l'air tropical. Le 12 janvier, une dépression se forme bientôt aux environs des Iles Norfolk, et descend lentement vers la partie Nord de la Nouvelle-Zélande qu'elle atteint les 15 et 16 janvier. C'est à ce moment-là, un cyclone occlus, sensiblement stationnaire. La trajectoire, Sud-Est au début, est devenue Est le 14, puis Sud-Sud-Est à partir du 15 (voir carte p. 146).

***

Perturbation cyclonique des 20-22 janvier. — Le 19 janvier, une zone de discontinuité entre l'air équatorial, et l'air subtropical relativement plus froid, apparaît entre les Iles Salomon, Santa-Cruz et les Nouvelles-Hébrides. Une dépression se creuse entre ces Archipels, le le 20, l'Observatoire d'Apia (Western-Samoa) est en mesure d'annoncer la présence d'un cyclone centré à 200 kilomètres environ de Santo (Nouvelles-Hébrides). Cette Station indique ce jour-là une pression de 741,1 millimètres et un vent Nord-Est de force 6 Beaufort. La dépression se déplace lentement vers le Sud-Est et le 21 on la trouve par 15° de latitude Sud et 165° de longitude E. (méridien Greenwich). Le 22, elle est à 220 kilomètres au Nord-Ouest de Port-Vila (Nouvelles-Hébrides), elle se creuse davantage tout en poursuivant sa route vers le Sud-Est. Elle passe à Port-Vila le 23, mais elle a perdu de sa violence ; le 24, elle entre dans le stade d'occlusion et se comble peu à peu. La vitesse de déplacement, qui était au début d'environ 12

kilomètres à l'heure, a diminué progressivement jusqu'à 5 ou 6 kilomètres-heure. Les vents en altitude indiquent le mouvement giratoire habituel des dépressions cycloniques : à Papeete, le 20, entre 1.000 à 3.000 mètres, vent d'Est de 40 kilomètres-heure tournant au Sud-Sud-Est le 22, sa vitesse restant constante ; à Apia, la rotation du vent en altitude se fait dans le même sens qu'à Papeete, du Nord-Nord-Est à l'Est, et a sensiblement la même valeur. La zone balayée par le vent de composante méridionale n'a pas été très étendue tant à la surface du sol qu'en altitude, pas plus que ne sont développés les courants aériens venant de l'équateur : le diamètre de la dépression cyclonique des 20-22 janvier était donc relativement faible et n'a pas dépassé 200 kilomètres.

***

Perturbations cycloniques de février (cyclones des 8-11 et 21-28 février). — Les premiers jours du mois de février sont marqués par une certaine activité du front polaire antarctique, dont la poussée s'observe en particulier entre la Nouvelle-Calédonie et les Iles Tonga. Le 7, il est possible de noter sur les cartes synoptiques des indices, un peu vagues d'ailleurs, d'un cyclone tropical qui se forme ; moins de 24 heures après l'apparition de ces symptômes, la dépression a atteint toute sa force ; le 8, on la situe approximativement à 130 kilomètres au Nord-Est de Santo, son sens de propagation étant sensiblement du Nord vers le Sud. Le 9, Port-Stanley (Nouvelles-Hébrides) indique une pression de 738 millimètres et un vent de force 9 Beaufort : le centre du cyclone se trouve à 50 kilomètres environ, au Nord de cette station ; direction Sud, inchangée. Le jour suivant, la pression à Santo est de 741,1 millimètres avec un vent Nord-Nord-Est de force 5 Beaufort : le cyclone est centré, à ce moment-là, à quelques 100 kilomètres au Sud-Ouest de Port-Stanley, mais sa trajectoire, quoique Sud, a une certaine tendance à s'incurver vers l'Ouest ; la vitesse de translation reste faible : 7 à 8 kilomètres heure. Le 11 février, une occlusion paraît se faire, et de fait, le cyclone a perdu toute son énergie cinétique du début. Il reste stationnaire quelque temps par 18° Sud et 165° Est Greenwich ; et disparaît complètement peu après : la Nouvelle-Calédonie, qui se trouvait sur sa route, n'a rien signalé.

Il ne semble pas pourtant que tout soit fini. La pression, en effet, reste très basse dans toute la région comprise entre les Nouvelles-Hébrides, les Iles Fiji et l'Archipel Tonga ; ce champ de pression présente de plus des « noyaux » où le gradient barométrique est très variable. On constate d'autre part entre le 13 et le 20 février, une poussée de plus en plus forte de l'air subtropical (relativement froid), conséquence probable des variations du front polaire antarctique : Rarotonga (Archipel Cook) à une température de 22°2, alors que le même jour, à la même heure, on trouve 22°2 à Nukualofa (Archipel Tonga), qui est sensiblement à la même latitude. Sous les tropiques, une différence de 5° entre deux masses d'air voisines est grandement suffisante pour amorcer un cyclone et lui apporter l'énergie nécessaire à sa croissance.

Nous ne sommes donc pas surpris, le 21 février, de noter la présence d'une perturbation cyclonique bien caractérisée se déplaçant vers le Sud-Est à quelques 90 milles (150 kilomètres) au Sud de Nukualofa. A cette même date réapparaît brusquement, avec une violence accrue, le cyclone du 18 février que nous avons vu disparaître rapidement aux approches de la Nouvelle-Calédonie : on le retrouve vers les Iles Norfolk, se dirigeant rapidement vers le Sud-Est et atteignant bientôt la Nouvelle-Zélande, au bas de la côte Est de la Péninsule d'Auckland (1). Entre le 21 et le 28 février, la situation est donc assez complexe, d'autant plus, qu'à l'intérieur de la masse d'air froid apparaissent un certain nombre de dépressions secondaires qui compliquent étrangement la tâche du météorologiste. Le 22, le baromètre baisse à Nukualofa, Haapia et Santo : la dépression principale des Tonga se situe sensiblement par 19° Sud et 171° Ouest (Greenwich). Le 23, un noyau secondaire apparaît vers Haapia, tandis que le noyau principal changeant brusquement de route, se dirige vers l'Ouest : à 16 heures, il est par 20° Sud et 174°30 Ouest (Greenwich) : il a dessiné une boucle dont Nukualofa est le centre, en marge de la masse d'air froid située entre l'Archipel Cook et les Tonga (voir carte ci-jointe). Le lendemain, le noyau secondaire de Haapia est comblé : les faibles différences de température ainsi que les faibles rotations de vent qui l'accompagnaient, font présumer que nous étions en présence de « phénomènes internes prenant naissance au sein de la masse d'air froid » (Bjerknes). Le noyau principal, poursuit sa route vers le Sud-Ouest, c'est-à-dire vers les Iles Fiji ; il perd peu à peu de sa violence à mesure qu'il s'approche de cet archipel, et le 26, il disparaît à 120 miles au Sud de Suva (Fiji).

(1) Renseignements publiés par l'Observatoire de Wellington dans la *New Zealand Gazette*.

Mais une autre dépression, moins intense peut-être, se forme le 24 au Sud-Est de l'Archipel Tonga, à 300 kilomètres de l'Archipel Cook ; elle passe le 25 au matin par le travers de Aitutaki à quelques 150 ou 200 kilomètres (peu de renseignements sur ce point). Dans la soirée du 25 elle est à 150 km. au Sud-Est de Rarotonga, (749 mm,1) et à 100 kilomètres environ du Sud des Iles Australes. A Tubuai le vent souffle en tempête du Nord-Est dès 15 heures, et le baromètre descend brusquement : à 15 h. 30 il est à 747,2 millimètres ; le vent dépasse alors 80 kilomètres à l'heure. La mer est démontée (houle de Nord-Est) ; elle commence à envahir la côte Nord-Est de l'île vers 17 heures, et une heure après, on note suivant les endroits une élévation de 75 à 100 centimètres, comptée à partir du niveau des basses eaux. Le raz de marée a donc précédé de très peu le passage du cyclone. — A 10 heures le vent faiblit, la mer se retire, le baromètre monte rapidement. La dépression poursuit sa route vers le Sud-Est où faute de renseignements nous ne pouvons pas le suivre.

Les sondages aérologiques effectués pendant toute cette période avec des ballons dits de 150 grâmmes, ont donné les résultats suivants :

Les 10 et 11 février : jusqu'à 3.000 mètres vent d'Est (alizé) ; entre 3.000 et 4.000 mètres, zone de « calme » ; au delà vents constants du Nord (courant équatorial).

Les 12, 13 et 14 février : disparition complète du courant aérien septentrional et extension en altitude de l'alizé ; la zone des « calmes » existant entre ces deux courants ayant tendance de disparaître.

Les 15 et 16 février : disparition complète du courant septentrional qui est remplacé par un vent de Sud-Est s'étendant au delà de 8.000 mètres. Cette invasion d'air froid ne présente pas la même intensité dans tout le Pacifique, elle semble s'étendre sur un front de 400 kilomètres de largeur, car on n'observe pas ses effets à Apia.

Les 17, 18 et 19 février : vent du Sud jusqu'à 9.000 mètres à Papeete, mais vent de Nord-Est à Apia : ceci correspond, nous l'avons vu plus haut, avec la formation d'une zone de discontinuité entre ces deux stations.

Du 19 au 28 février : fin de la période cyclonique, la nébulosité est trés grande et le « plafond » trés bas ; les sondages ne peuvent être poussés que jusque vers 2.500 mètres pendant les améliorations du temps. Nous avons pu néanmoins mettre à profit une éclaircie qui s'est produite le 24 dans la soirée : le ballon-pilote a atteint le cirrostratus (8.100 mètres) qui couvrait à ce moment-là tout le ciel, et se dirigeait vers le Nord-Ouest avec une vitesse de 50 kilomètres à l'heure ; un magnifique halo de 22° s'était formé autour du soleil. Ce sondage a montré l'existence d'un courant à composantes septentrionales surmontant un courant d'Est, assez faible d'ailleurs : l'alizé s'était de nouveau établi.

Ces sondages ont fourni d'utiles indications sur la présence du cyclone, l'azimut de son centre, le mouvement tourbillonnaire de l'air en altitude et surtout sur la nature des différentes masses d'air en mouvement. De même, l'observation continue des formations nuageuses nous a permis de connaître l'angle que faisait la direction des différentes familles de nuages avec la direction probable de pertubation.

***

Cyclone des 21-26 mars. — Une série de petites dépressions s'observent pendant les vingt premiers jours du mois de mars. Elles sont accompagnées de coups de vents assez forts (35 à 45 kilomètres à l'heure) mais peu durables ; la baisse barométrique reste insignifiante et n'excède pas 2 à 3 millimètres dans tout le Pacifique Sud. Indiquons, de plus, qu'au cours de cette période le phénomène de convection a été très intense : d'énormes cumulonimbus, signes d'instabilité et de turbulence, élèvent leurs masses imposantes dès les premières heures de la journée.

Brusquement le 21 mars, la situation change : une zone de discontinuité s'étend des Nouvelles-Hébrides aux Iles Norfolk et un cyclone s'amorce à l'Ouest près de Santo et se dirige vers la pointe Est de la Nouvelle-Calédonie, Le 22, on évalue la pression à 745 millimètres au centre de la perturbation et son sens de déplacement reste inchangé : sa vitesse reste faible (8 km.-h.). — Le 23, dans la matinée, le cyclone se creuse brusquement et augmente de vitesse (15 km./h.) ; à 15 h., des rafales violentes de Sud-Est, accompagnées d'averses diluviennes s'abattent sur Nouméa ; dans la nuit le vent redouble de force (7 à 8 Beaufort) ; de violents grains se succèdent : le baromètre est à 739 millimètres : la dépression se situe alors par 21°30' Sud et 168° Est (Greenwich). Le 14, au matin, la station de Nouméa enregistre une pression de 738,5 millimètres et le baromètre, après un palier, indique à nouveau une tendance à la baisse ; le vent qui se

calme vers 6 h. 30, reprend bientôt en violentes rafales Sud-Sud-Est ; à 15 heures, le vent tourne au Sud, sa force est de 7 à 9 Beaufort, et le baromètre accuse une pression de 736 millimètres. Dans la soirée il remonte brusquement à 745, puis à 750, mais le vent reste assez fort. — Une pluie diluvienne n'a cessé de tomber pendant ces deux jours dans toute l'île : à Nouméa certains quartiers sont inondés, à Yaté on enregistre 407 millimètres d'eau en 24 heures, la plupart des rivières débordent et beaucoup de colons de l'intérieur voient leurs cultures dévastées par les eaux (1). — La dépression, cependant, poursuit sa route vers le Sud-Est : le 25 elle est par 24° Sud et 169° Est ; le 26, par 28° Sud et 169°30' Est ; dans la nuit du 26, elle passe sur les îles Norfolk. A ce moment, la trajectoire s'incline vers l'Est et le cyclone s'évanouit sans atteindre les îles Kermadec.

Cette dépression, la plus importante quant aux ravages qu'elle a causés aux Nouvelles-Hébrides, aux îles Loyauté et en Nouvelle-Calédonie, termine la période cyclonique de la saison chaude : elle coïncide avec l'époque où les « calmes » sont le plus éloignés de l'équateur.

Conclusions

Nous avons tracé sur la carte de la page 146 les trajectoires des cyclones que nous venons d'étudier : grâce aux divers renseignements qui nous sont parvenus et à certains recoupements qu'il a été possible de faire, nous avons pu tracer ces courbes avec une certaine précision.

De ce qui précède nous pouvons tirer quelques conclusions relatives à la Météorologie du Pacifique pendant la saison chaude. Ces conclusions peuvent ne pas être d'une généralité absolue, mais elles permettent d'expliquer dans une certaine mesure la complexité apparente des phénomènes cycloniques dont nous avons essayé de donner une idée. Vers la fin de l'année, en novembre ou décembre, et quelquefois même en octobre, il existe dans la partie centrale et occidentale du Pacifique, et le long de l'équateur qui, on le sait, est un centre de basses pressions, un gradient barométrique dirigé de l'Est vers l'Ouest beaucoup plus élevé qu'en juin, juillet ou août ; ce gradient étant plus élevé dans la partie occidentale de l'océan Pacifique. Ceci est dû probablement aux déplacements périodiques des centres subtropicaux maritimes, qui pendant l'hivernage se trouvent à l'Ouest du méridien de 180° près des côtes des continents australien et asiatique (1). Indiquons, en passant, qu'une conséquence de ces variations périodiques réside dans la variabilité des chutes de pluies : les années sèches dans le Pacifique Occidental étant liées à un gradient barométrique très élevé sur les côtes d'Australie, et au rapprochement vers l'équateur des centres anticycloniques situés en général à la latitude de la Nouvelle-Zélande ; cette activité anticyclonique coïncide d'ailleurs avec l'existence de faibles gradients dans la partie Est du Pacifique.

D'autre part, le régime des vents dans cet océan présente aussi un très grand intérêt : pendant l'hivernage en effet, les vents d'origine polaire convergent vers l'équateur sous un angle beaucoup plus grand que pendant la saison fraîche (2) ; l'air polaire n'a donc pas eu le temps de s'échauffer, il pénètre en « coin » dans l'air subtropical et détermine des zones de discontinuité plus ou moins atténuées, condition nécessaire et suffisante pour la formation d'un cyclone. C'est donc à la saison chaude qu'on observe les écarts temporaires les plus grands de pression et de température. Le sens de déplacement des courants confirme d'ailleurs cette idée ; leur trajectoire est beaucoup plus inclinée sur l'axe équatorial en juin qu'en janvier, et par suite la condensation et les phénomènes thermiques qui l'accompagnent varieront d'intensité avec les saisons.

Cette convergence plus ou moins grande des vents et des courants, en relation avec les variations périodiques des gradients barométriques et thermiques, explique l'abondance des noyaux cycloniques dans la partie Ouest de l'Océan Pacifique, alors qu'ils deviennent de plus en plus rares, à mesure que l'on va vers l'Est, vers les Etablissements français de l'Océanie.

Telles sont les conclusions auxquelles nous avons été conduits en étudiant l'origine des cyclones de l'hivernage 1937. Nous pouvons les résumer ainsi :

1° Pendant la saison chaude : gradients de pression et de température plus élevés dans la portion occidentale que dans la portion orientale du Pacifique Sud Equatorial.

2° Liaison entre les variations de ces gradients et

(1) D'après le *Bulletin de Commerce* de Nouméa.

(1) Ref. G. T. Walker : Correlation in seasonal variations of weather VIII et IX (India Meteorological Département 1924).

(2) Ref. J. B. Leighly : Note on the Meteorologic Observations made on the Marquesas Islands by the Pacific Entomological Survey during the years 1929-32 (University of California, 1933).

les déplacements des centres anticycloniques subtropicaux, et par suite relation directe entre ces variations de gradients et l'existence de noyaux dépressionnaires à caractères cycloniques.

3° Liaison de la plus ou moins grande convergence des vents sur l'équateur avec la condensation et les phénomènes thermiques qui accompagnent les noyaux dépressionnaires ; cette relation ayant pour cause immédiate la variation de la fréquence des cyclones avec la longitude.

Observatoire du Faiere-Papeete (mai 1937).

J. GIOVANELLI,
Ingénieur-Météorologiste des Colonies.

Débordement au Togo de l'anticyclone de l'Atlantique sud en 1936

M. Hubert a signalé antérieurement que l'anticyclone de l'Atlantique Sud était susceptible de déborder — assez peu fréquemment d'ailleurs — sur la côte Nord du Golfe de Guinée. Ce phénomène a surtout lieu au mois d'août. On sait qu'à cette époque de l'année la diminution sensible de l'évaporation due aux baisses de températures de la mer et de l'air contribue beaucoup à la formation de la petite saison sèche côtière.

Au cours de l'année 1936, l'influence de l'anticyclone fut particulièrement sensible au Togo ainsi que dans les colonies voisines telles que la Côte d'Ivoire et surtout celles riveraines du Golfe du Bénin comme la Gold Coast, le Dahomey et la Nigeria. D'après les observations faites dans l'ensemble de ces pays, il résulte que cette influence anormale de l'anticyclone s'étendit à l'intérieur de ces territoires jusqu'à la hauteur du huitième parallèle Nord environ.

C'est surtout sur la côte que l'influence du débordement eut une assez forte répercussion.

Les plus grands écarts entre les divers facteurs météorologiques moyens et ceux de 1936 (voir tableau p. 147) furent relevés dans les températures de la mer et de l'air (graphiques n^{os} 2 et 7, p. 147 et 149). En juillet, la température la plus basse de la mer fut 17°5 et la température moyenne de la mer fut 21°8 (au lieu de 25°2). Mêmes constatations pour la température de l'air où l'écart par rapport à la moyenne d'août fut 1°5 (23°2 contre 24°7).

La pression atmosphérique, après avoir été tantôt inférieure et supérieure à la moyenne de janvier à juin, lui resta constamment supérieure de juillet à octobre ; en juillet, elle monta à 761 m/m 8 au lieu de 761 m/m 3 en moyenne, ce qui donne une augmentation de 0 m/m 5 (graphique n° 1, p.147), écart appréciable si l'on tient compte que sur la côte les variations de la pression sont habituellement très faibles.

Les chutes de pluies furent également très inférieures à la moyenne, la hauteur d'eau tombée annuelle n'atteint que 635 m/m 5 au lieu de 753 m/m 1 (graphique n° 4, p. 148). En juin, mois où généralement il pleut le plus de toute l'année (graphique n° 3, p. 148), il ne fut recueilli dans le pluviomètre que 133 m/m 4 au lieu de 201 m/m 9 en moyenne, soit 68 m/m 5 de moins. Du 25 juin au 27 septembre, à part quelques bruines ou pluies de faibles importances, la sécheresse fut pour ainsi dire complète, alors qu'ordinairement la petite saison sèche ne dure que de mi-juillet à mi-septembre c'est-à-dire pendant deux mois environ, avec même parfois quelques pluies en fin juillet et début septembre, ce qui ne donne en réalité qu'un mois sec (août).

En 1936, la sécheresse ayant duré trois mois, les premières et principales récoltes de l'année furent à peu près entièrement détruites. D'après l'aspect du graphique n° 3, on peut voir que les deux saisons des pluies de 1936 furent en avance d'un mois sur les périodes normales correspondantes, les plus fortes chutes mensuelles eurent lieu en mai et septembre avec 223 m/m 1 et 69 m/m 9, au lieu de juin et octobre avec 201 m/m 9 et 84 m/m 0 ; la forte chute du mois de mai, soit 223 m/m 1, provenant surtout du fait d'une grosse pluie de 99 m/m 0 qui, du 29 mai à 17 heures au 30 à 6 heures 30, tomba pour ainsi dire sans arrêt, les averses de 100 m/m 0 étant rares sur la côte togolaise.

Les nombres de jours de pluie et d'orage furent également inférieurs à la moyenne pendant les mois de juillet, août et septembre, (graphiques n^{os} 5 et 6, p. 148).

Le débordement de l'anticyclone fut précédé et

accompagné d'un certain nombre de phénomènes. Tout d'abord, au début de l'année, l'anticyclone saharien n'eut pour ainsi dire aucune influence dans le Sud du Territoire, quelques incursions d'harmattan furent à peine ressenties à une trentaine de kilomètres de la côte, alors que partout ailleurs à l'intérieur ce vent soufflait normalement. Cette anomalie eut une répercussion très nette sur la plupart des facteurs météorologiques observés à Lomé. Ainsi, en janvier, la pression atmosphérique fut inférieure à la moyenne de 0 m/m 2 (758 m/m 2 au lieu de 758 m/m 4, graphique n° 1), la température plus élevée de 0°8 (27°1 au lieu de 26°3, graphique n° 2), celle de la mer également avec 1°0 (28°0 au lieu de 27°0, graphique n° 7), par contre les pluies furent plus importantes (37 m/m 3 au lieu de 10 m/m 5, soit une augmentation de 26 m/m 8, graphiques n^{os} 3 et 4) ainsi que les nombres de jours de pluie (3 au lieu de 1, graphique n° 5) et d'orage (3 au lieu de 0,8, graphique n° 6).

En janvier également, l'état hygrométrique accusa une augmentation de l'ordre de 5 %, soit 83 % contre 78 %, il ne descendit pas au-dessous de 54 %, alors qu'en périodes normales d'harmattan les minima oscillent entre 15 et 20 %, la tension de vapeur fut plus forte de 2 m/m 8 soit 22 m/m 9, contre 20 m/m 1.

En mars, le nombre des grains et orages fut supérieur à la moyenne (graphique n° 6), certains d'entre eux, d'une extrême violence, accompagnés de dépressions, causèrent des dégâts dans les plantations côtières ainsi qu'à Lomé (1).

En fin juillet, du 26 au 29, une assez forte tempête sévit sur la côte, un vent du SSW à SW, d'une vitesse moyenne de 25 à 30 kms/heure, souffla pour ainsi dire nuit et jour sans interruption ; certaines rafales portèrent la vitesse jusqu'aux environs de 50 kms/heure ; une forte houle de plus de 4 mètres d'amplitude déferla sur le rivage, les chocs dus à l'écrasement des rouleaux de la barre firent trembler les styles inscripteurs des séismographes, les amplitudes de certaines ondes du mouvement microséismique d'une période normale de 2 sec. 8 atteignirent jusqu'à 20 microns, alors qu'en moyenne elles ne dépassent pas 4 microns. La forte agitation microséismique (fig. 9 10, composantes NS et EW, p. 150) commencée le 26 dans la soirée avec les premières rafales du vent se termina le 30 au matin, le maximum d'intensité du mouvement ayant eu lieu surtout au cours des journées des 27 et 28.

(1) *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer*, 1937, N° 23, p, 138 : Passage sur le littoral togolais d'une petite dépression accompagnée de trombes.

Au marégraphe, le renforcement par une surcharge de 100 kilogs de la plaque de fermeture du puits de marée effectué quelque temps auparavant permit d'obtenir une courbe d'enregistrement de la marée assez nette (marégramme du 25 au 30 juillet 1936, p. 149).

Les répercussions de la tempête sur la côte furent à la fois assez variées et d'une certaine importance.

A Aflas, petit village de pêcheurs situé à environ 1 kilomètre à l'Ouest de Lomé, près de la frontière de la Gold Coast, la mer, sous l'action des courants d'Ouest, (1) accéléra son mouvement d'envahissement du littoral et finit par atteindre la grande route côtière normalement située à près d'une centaine de mètres du rivage (photographie ci-contre).

Traces de l'avancée de la mer sur la route côtière en face du village d'Aflao.

Les autorités locales craignant la coupure de la route et l'envahissement du village, le Service des Travaux publics fit battre au refus des pieux en fer sur le côté Sud de la route menacée par la mer, cette sommaire barricade d'une longueur d'environ 300 mètres permit néanmoins d'arrêter l'avance de la mer. L'action des courants Ouest se porta alors à quelques centaines de mètres de là vers Lomé ou l'Est, rongeant une nouvelle partie du rivage entièrement couverte d'une végétation très ancienne et d'une superficie presque aussi importante que celle

(1) Les courants d'Ouest proches de la côte ont un itinéraire assez variable (voir *Annales de Physique du Globe*, 1935, N° 10, page 117. Il semble, toutefois, qu'ils suivent une courbe plus ou moins sinusoïdale s'amortissant progressivement de Kéta à Cotonou. En août, sous l'influence du débordementde l'anticyclone de l'Atlantique Sud, ces courants se rapprochent du rivage (voir carte de la côte togolaise, trait pointillé). Certains envahissements du littoral ont eu lieu, il y a quelques années, dans les environs de Grand Popo, Ouidah ; d'autres existent encore de nos jours à Kéta. Par contre, au large de Baguida, Porto-Segouro, l'ensablement atténue beaucoup l'amplitude de la barre.

précédemment gagnée par la mer en face du village d'Aflas.

Au nouveau wharf de Lomé, par suite du déplacement des sables entraînés vers l'Est par les courants, la base de plusieurs pieux cylindriques situés près du rivage et d'une section pleine d'environ 20 centimètres de diamètre eurent cette dernière presque réduite de moitié ; on dut les protéger avec de fortes enveloppes métalliques.

Sous la poussée formidable de la forte houle du Sud-Sud-Ouest et des rouleaux de la barre, la partie centrale du vieux wharf, la plus exposée au mouvement de la mer puisqu'orientée Nord-Ouest-Sud-Est, fut entièrement détruite par les lames. Dès le lundi 27 juillet, à 9 heures, la plateforme supérieure qui, depuis la veille au soir, avait résisté à l'écrasement des rouleaux énormes de la barre, commença à s'affaisser légèrement, puis le même jour, à 17 heures, les pieux se tordirent ; le lendemain les poutrelles maîtresses se rompirent et le mercredi matin, sous une recrudescence de la houle, l'ensemble fut emporté. Enfin petit à petit tout rentra dans le calme. Selon le Capitaine du port, semblable houle ne s'était pas produite depuis 1928.

Dans le Nord du Territoire et principalement dans les régions montagneuses, les chutes de pluie furent très élevées. A la station de permier ordre d'Aledjo, située à 350 mètres d'altitude, la hauteur d'eau annuelle s'éleva à 1707 m/m 2 contre 1366 m/m8 en moyenne ; dans le seul mois de septembre il fut recueilli 519 m/m 3. Ces fortes chutes causèrent des inondations détruisant un grand nombre de routes et ponts.

En ce qui concerne les ondes hertziennes, celles-ci se propagèrent très mal sur certaines longueurs d'onde. De juillet à septembre, à partir de 18 heures, Lomé se trouva assez souvent dans une zone de silence, avec émissions et réceptions nulles sur ondes entretenues de 23 mètres. En novembre, la réception des messages sur onde de 25 mètres, présenta également de sérieuses difficultés par suite d'un phénomène de surmodulation d'une fréquence basse de l'ordre de 25 à 30 périodes-seconde.

Au cours des petites saisons sèches des précédentes années aucune anomalie de ce genre n'avait jusqu'alors été relevée à Lomé. D'après les expériences tentées par le Chef du Service Radiotélégraphique avec un certain nombre d'autres postes émetteurs, il semble résulter que ces perturbations furent en partie dues à des changements d'ionisation de l'air ainsi qu'aux variations d'altitude de la couche de réflexion des ondes entre 75 et 100 kms.

En consultant le graphique n° 8 des chutes annuelles de pluie relevées à Lomé depuis 1900, on peut constater que de semblables périodes de sécheresse relative analogues à celle de 1936-1937, avaient déjà eu lieu en 1903-1906, une autre pendant la période 1915-1918 et enfin, la dernière, de 1926-1928. En faisant la moyenne des temps écoulés entre les années pluvieuses d'une part et les années sèches d'autre part, on trouve une période de l'ordre de 11 années.

CARON,
Ingénieur-Météorologiste des Colonies.
Lomé (Togo).

NOTES ET INFORMATIONS

A l'occasion de la **Foire-Exposition de Brazzaville** les récompenses suivantes ont été décernées au Service Météorologique de l'A. E. F. pour sa participation à cette importante manifestation :

1° Grand Prix d'Excellence avec félicitations du jury :

Service Météorologique de l'A. E. F. (pour présentation du stand de ce service faite par M. Richard).

2° Médaille d'or :

M. Richard (pour travaux personnels).

3° Médailles d'argent :

MM. Facy (Pointe-Noire) ; Charlet (Fort-Lamy) ; Le Flohic (Port-Gentil) ; Le Meltier (Bangui), (pour travaux personnels).

Le **Service Météorologique et de Physique du Globe** de la Martinique, en même temps qu'il assure les observations normales pour lesquelles il a été créé, poursuit actuellement les études spéciales suivantes :

1° Relations entre les phénomènes météorologiques et l'activité solaire ;

2° Confection de la carte magnétique de l'île ;

3° Etude d'anomalies magnétiques autour de la Montagne Pelée et en quelques points particuliers de l'île très différents des précédents ;

4° Mesures de la susceptibilité magnétique des différentes roches éruptives de l'île ;

5° Mesures gravimétriques dans l'île à l'aide du

pendule Holweck-Lejay. Liaison avec le réseau de l'U. S. Coast and Geodetic Survey ;

6° Etude des microséismes en liaison avec les phénomènes météorologiques ;

7° Electricité atmosphérique :

Champ et Conductibilité en liaison avec les phénomènes météorologiques.

Emploi de lampes à trois électrodes pour la mesure de la conductibilité. Recherche d'une méthode de mesure compatible avec les conditions d'une station tropicale : isolements toujours défectueux par suite de l'humidité générale ;

8° Tremblements de terre rapprochés en liaison avec la géographie et la géologie des Antilles ;

9° Eléments de météorologie nautique de la région de l'Océan Atlantique à l'Est des Antilles (étude d'ordre pratique destinée aux navigateurs dans les parages de la Martinique) ;

10° Développement des recherches antérieures sur le front tropical. Justification de ce front par l'étude des données thermométriques recueillies à l'Observatoire ;

11° Le micro-climat de la ville de Fort-de-France du point de vue de l'hygiène et de l'urbanisme. Un programme d'expérience est établi en vue de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

Bbuzon (E). — **Gouvernement Général de l'Indochine. Annales du Service Météorologique de l'Indochine** (publiées sous la direction de). Année 1936. Climatologie. Un vol. 23 × 29 cm., de 211 pages. Phu-Lien (Tonkin), Observatoire Central, 1937.

Les tableaux d'observations sont précédés d'un avertissement ainsi que de renseignements sur le réseau indochinois et sur les conditions climatiques en 1936 au point de vue économique.

***

Année Polaire Internationale 1932-1933. Participation française, tome II. Un vol. in-4° de 259 p. Paris, 1938 (Gauthier-Villars).

Electricité atmosphérique, par A. Dauvillier.

Le champ électrique accuse une valeur moyenne de 71/V*m* (max. en nov., minimum en avril-mai). La variation diurne est très apparente en hiver.

La conductibilité de l'air montre une très forte dissymétrie due aux ions des deux signes $\lambda +$ et $\lambda -$. Sa variation est inverse de celle du champ.

Le courant vertical, auquel est dû le champ électrique, est attribué à une cause cosmique.

Courants telluriques, par J.-P. Rothé.

Ces courants présentent des variations incessantes, parfois de grande amplitude (parfois $\pm$ 1,5 volt), et souvent parallèles aux variations de la composante horizontale du champ magnétique. En réalité, la courbe tellurique apparaît comme la dérivée de la courbe magnétique : les variations du courant sont induites par les variations de champ.

Observations actinométriques à Tamanrasset, par M. Failletaz.

La situation géographique exceptionnelle de cette station explique les très fortes intensités mesurées (jusqu'à 1,66 cal-gr/cm²-min).

Mesure de la radiation solaire en Afrique Equatoriale (*Bangui*), par Louis Lapayre.

La plus forte intensité mesurée au sol est de 1,50 cal-gr/cm²-min. L'influence des nuages a été étudiée. Des observations ont été faites en avion (valeur maxima observée 1,76 cal-gr./cm²-min.

Radio-Electricité, par J. Habert et M. Douguet.

Les maxima quotidiens d'atmosphériques se manifestent aux périodes et dans les azimuts correspondant à l'après-midi au-dessus des régions continentales tropicales. Les ondes courtes se propagent mal dans la direction du soleil et dans la direction opposée.

La propagation des ondes courtes et celle des atmosphériques de basse fréquence sont généralement opposées.

Historique des Missions.

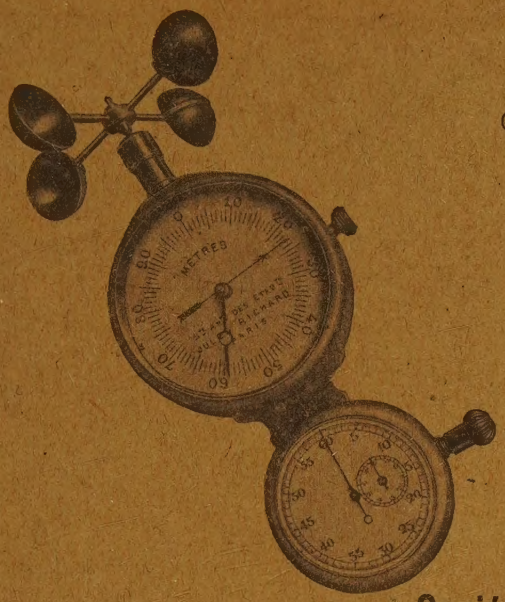
Scoresby Sund, par Habert (J).

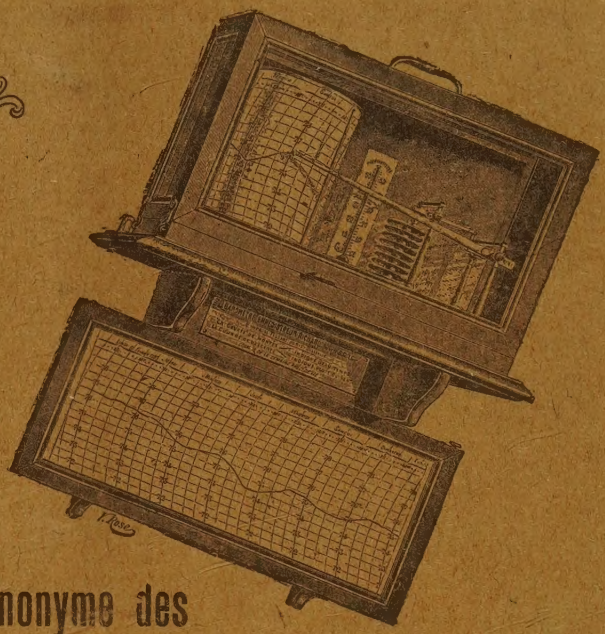
Tamanrasset, par Bruyère (M.).

Bangui, par ***.

L'Éditeur-Gérant : R. Pinardon.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1938





Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

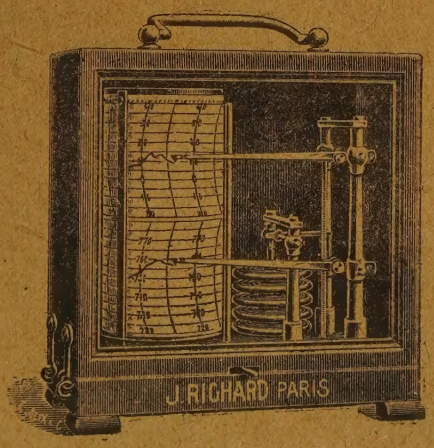
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

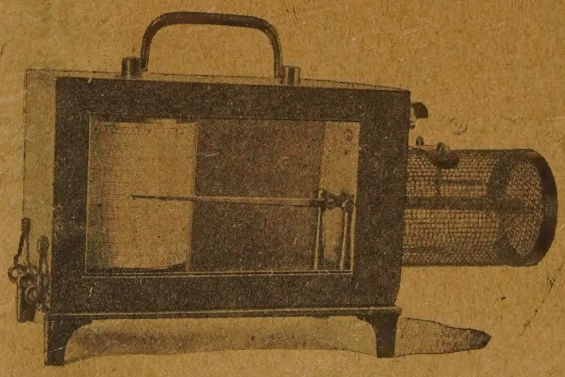
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

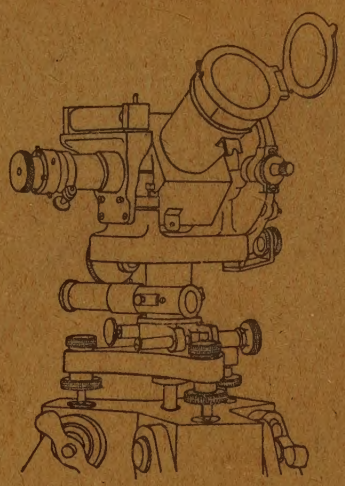
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY ✪ - LORIEUX ✱ - PONTHUS ✱ et THERRODE ✱

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie DeLos, à Montrouge (Seine)

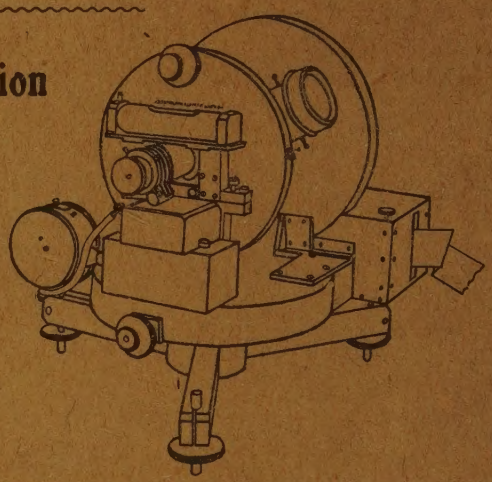
Tél. Alésia 26-37 et 26-38 ——— Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

—

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

—

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1938.